



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA
DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Ing. Josué Alejandro Figueroa Nimatuj

Asesorado por el M.A. Ing. Luis Eduardo Hernández González

Guatemala, marzo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA
DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. JOSUÉ ALEJANDRO FIGUEROA NIMATUJ

ASESORADO POR EL M.A. ING. LUIS EDUARDO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA
DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 29 de abril de 2017.



Ing. Josué Alejandro Figueroa Nimatuj

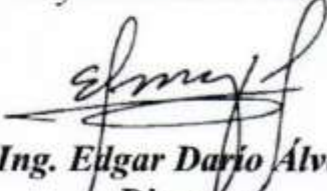
Guatemala, marzo de 2020

EEPFI-443-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”** presentado por el Ingeniero **Josué Alejandro Figueroa Nimatuj** quien se identifica con Carné **100024899**, correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2020

EEPM-442-2020

Como Coordinador de la Maestría en Artes de Gestión Industrial doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”** presentado por el Ingeniero **Josué Alejandro Figueroa Nimatuj** quien se identifica con Carné **100024899**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, febrero de 2020

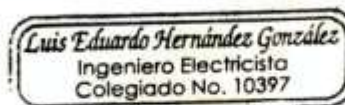
En mi calidad como Asesor del Ingeniero **Josué Alejandro Figueroa Nimatuj** quien se identifica con Carné **100024899** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“UTILIZACIÓN DE POSTES DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO PARA DISMINUIR LA GESTIÓN DE COSTOS, EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA EL ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA”** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Luis Eduardo Hernández González
Asesor



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la oportunidad de vivir cada día en este mundo contemplando la belleza de la creación.
Mis padres	Edgar Figueroa y Alicia Nimatuj, por ser mis maestros en el camino de la vida, por su infinita paciencia y su amor incondicional.
Mi esposa	Cinthia Hidalgo, por tu amor, fortaleza, dedicación y por todos los momentos de felicidad que hemos vivido.
Mis hijos	Elah Abigail e Ignacio Gabriel Figueroa, por ser los ángeles que me inspiran a superarme constantemente.
Mis hermanos	Edgar y Héctor Figueroa, por todo su apoyo y consejos a lo largo de nuestra vida.
Mis tíos y tías	Por su sincero cariño en todo este tiempo.
Mis primos y primas	Por su simpatía y su dedicación a los estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por guiarme en la senda del conocimiento.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por elaborar un programa tan completo y seleccionar a los mejores profesores que han sido los guías en esta etapa.

Mi familia

Cinthia Hidalgo, Elah Abigail e Ignacio Gabriel Figueroa, por su apoyo incondicional.

Mis padres y hermanos

Por sus consejos y disponibilidad de apoyo en los momentos de mayor necesidad.

**Mis amigos de la
Escuela**

Por darme la oportunidad de conocerlos e ir construyendo una amistad duradera.

Mi asesor

Por darme el tiempo para resolver dudas, guiarme en este trabajo y por la experiencia compartida.

**Mis compañeros de
trabajo**

Por sus consejos y ánimos en la finalización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XXI
LISTA DE SÍMBOLOS	XXIII
GLOSARIO	XXV
RESUMEN	XXVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XXIX
OBJETIVOS	XXXIII
RESUMEN MARCO METODOLÓGICO	XXXV
INTRODUCCIÓN	XXXVII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica	1
1.1.1. Tipos de diseños de sistemas de distribución de energía eléctrica	2
1.1.1.1. Área urbana y área rural	2
1.1.2. Materiales para construir redes eléctricas	2
1.1.3. Polímeros	3
1.1.4. Fibra de vidrio	4
1.1.5. Características de la fibra de vidrio	4
1.1.6. Los costos de distribución	5
1.1.6.1. El costo de capital	5
1.1.6.2. El costo de operación y mantenimiento	5
1.1.6.3. El costo de abastecimiento	6
1.1.6.4. El costo de pérdidas	6
1.2. Teoría de la gestión de costos	7

1.2.1.	Estimación de costos	8
1.2.2.	Consideraciones para la estimación de costos	8
1.2.3.	Preparación del presupuesto de costos	10
1.2.4.	Control de costos	10
1.2.5.	Evaluación de proyectos de inversión	11
1.2.5.1.	El valor actual neto	11
1.2.5.2.	Costo anual uniforme equivalente	11
1.2.5.3.	La tasa interna de retorno	12
1.2.5.4.	La relación beneficio- costo	12
2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	13
2.1.	Forma de construir redes eléctricas del área rural del departamento de Escuintla	14
2.1.1.	Estructura organizacional del departamento de construcción	15
2.1.2.	Área rural del departamento de Escuintla	17
2.1.3.	Construcción de redes eléctricas eficientes	19
2.2.	Costos para construir redes eléctricas de distribución de energía en el área rural del departamento de Escuintla	23
2.2.1.	Proceso de la construcción de red eléctrica de distribución de energía	25
2.2.2.	Costos directos en la construcción de redes eléctricas eficientes	27
2.2.2.1.	Materiales y equipo	27
2.2.3.	Postes en redes eléctricas	31
2.2.3.1.	Postes de polímero reforzado con fibra de vidrio	32
2.2.3.2.	Características de los postes de polímero	35

2.2.3.3.	Tendencias en la utilización de postes de polímero	36
2.2.3.4.	Mano de obra.....	37
2.2.3.5.	Tiempo para construir redes eléctricas.....	37
2.2.3.6.	Vida útil de los materiales	39
2.2.3.7.	Tasa anual de la inversión	39
2.2.3.8.	Vehículos y equipos de montaje	40
2.2.4.	Costos indirectos en la construcción de redes.....	40
2.3.	Relación costo-beneficio al incorporar las ventajas de utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica	41
2.3.1.	Unidades de análisis seleccionadas	42
2.3.1.1.	Unidad de análisis 1: Parcelamiento El Naranjo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla	44
2.3.1.2.	Unidad de análisis 2: El Jabalí, Santa Lucía Cotzumalguapa.....	47
2.3.1.3.	Unidad de análisis 3: comunidad San Idelfonso, Guanagazapa.....	50
2.3.2.	Evaluación de la relación beneficio-costos de postes con polímeros reforzados con fibra de vidrio	52
2.4.	Propuesta de mejora	55
3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
	CONCLUSIONES	67

RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÉNDICE	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tiempo de laborar en el departamento de construcción	15
2.	Estructura organizacional del departamento de construcción	16
3.	Periodicidad para la actualización de normas de construcción	18
4.	Propuestas individuales para mejorar las normas vigentes	19
5.	Esquema general para construir redes eléctricas eficientes	20
6.	Recursos analizados en la construcción de redes	21
7.	Elaboración del presupuesto para el trabajo de construcción	24
8.	Sobrecostos en la construcción de redes en el área rural.....	25
9.	Esquema de construcción de red eléctrica.....	26
10.	Conocimiento del poste de polímero reforzado con fibra de vidrio.....	32
11.	Implementación de nuevos materiales para redes	34
12.	Interés general en los cambios tecnológicos.....	35
13.	Utilización de materiales amigables para el ambiente.....	42
14.	Red eléctrica en parcelamiento El Naranjo, Escuintla.....	44
15.	Red eléctrica en El Jabalí, Escuintla	47
16.	Red eléctrica en comunidad San Idelfonso, Escuintla.....	48
17.	Costos de proyectos eficientes	54

TABLAS

I.	Tabla de funciones de la cuadrilla de construcción	22
II.	Costos estructura de alineamiento	28
III.	Costos estructura cambio de dirección	29

IV.	Costo estructura de fin de línea	30
V.	Costo de mano de obra típico de una cuadrilla de trabajadores	36
VI.	Tiempos por actividades de construcción	37
VII.	Vida útil de materiales para construcción de redes eléctricas	38
VIII.	Costos por tipo de transporte.....	39
IX.	Información para cálculo de indicadores de la unidad 1	44
X.	Indicadores financieros de la unidad 1: El Naranjo	45
XI.	Información para cálculo de indicadores de la unidad 2	47
XII.	Indicadores financieros de la unidad 2: El Jabalí.....	47
XIII.	Información para cálculo de indicadores de la unidad 3	49
XIV.	Indicadores financieros de la unidad 3: comunidad San Idelfonso	50
XV.	Resumen de indicadores financieros	51
XVI.	Resumen de indicadores financieros con postes de madera.....	52
XVII.	Variación en relación beneficio-costo entre tipos de postes	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
GWh	Gigavatio hora
MW	Megavatio

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
Arbolado	Actividad relacionada con poda de árboles y apertura de brechas en caminamientos.
ASTM	Sociedad americana de pruebas y materiales.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Costo	Es el gasto económico que representa la prestación de un servicio o la fabricación de un producto.
Demanda máxima	Es la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo.
Distribución de energía eléctrica	Es el conjunto de medios y equipos necesarios para suministrar energía eléctrica a los puntos de consumos.
Energía eléctrica	Es la que aparece cuando se produce una diferencia de potencial entre dos puntos y se establece una corriente eléctrica.

IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
k	Tasa de interés.
NTDOLD	Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución.
Polímero	Es un compuesto químico, natural o sintético, que consiste en unidades estructurales repetidas.
Potencia eléctrica	Es la relación de paso de energía por unidad de tiempo.
Tensión eléctrica	Es la medida de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

RESUMEN

Este trabajo de investigación propone la utilización de postes de polímero reforzado con fibra de vidrio para disminuir la gestión de costos en la construcción de redes de distribución de energía eléctrica, en el área rural de Escuintla, ya que el manejo y manipulación de este tipo de postes requiere de una menor cantidad de recursos que los que se necesitan tradicionalmente en la actividad.

Se analizaron tres proyectos construidos en el área rural del departamento de Escuintla, simulando utilizar postes de madera o postes de polímero reforzado con fibra de vidrio. Primero se determinó la forma de construir redes, luego se identificaron los costos y finalmente se establecieron las ventajas del material propuesto. Además, haciendo uso de un cuestionario estructurado, se entrevistó a dieciocho expertos en el departamento de construcción de redes eléctricas para obtener información acerca del procedimiento para el control de los costos durante la construcción de redes de distribución de energía eléctrica,

El resultado obtenido al utilizar un poste de polímero reforzado con fibra de vidrio representa un aumento del 9,47 % en la relación beneficio-costos en comparación a lo que se obtendría al realizar la misma actividad con postes de madera, además, la frecuencia de revisión de procedimientos en la construcción se realiza cada cinco años. El 67 % de los entrevistados considera que los cambios tecnológicos son importantes para la gestión, por lo que se deben buscar los incentivos apropiados para la investigación y aplicación de nueva tecnología para optimizar la actividad constructiva.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la construcción de redes eléctricas en el área rural se presentan áreas topográficas con irregularidades o con dificultades de acceso que elevan los costos al necesitarse recursos adicionales a los presupuestados inicialmente.

Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es una empresa distribuidora de energía eléctrica para la región central del país. El área de concesión para la distribución de energía se limita a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.

Al momento de existir un requerimiento de un usuario para conectarse a la red eléctrica de distribución y se encuentra dentro de la franja obligatoria de los doscientos metros, la distribuidora tiene la obligación de extender las redes eléctricas, lo cual es un procedimiento ordinario. Sin embargo, en algunas oportunidades se presentan condiciones atípicas que incrementan los costos al necesitar de mayor presupuesto por la dificultad de acceso o necesidad de mano de obra adicional.

La forma tradicional de construir redes eléctricas en áreas rurales de difícil acceso, como en el departamento de Escuintla, se ha realizado a través de unidades constructivas normadas con materiales aprobados por la distribuidora. Estos materiales limitan a otros desarrollados tecnológicamente y utilizados en otras distribuidoras que serían los sustitutos idóneos, por lo que directamente se practican ineficiencias en el procedimiento.

En el departamento de construcción de redes eléctricas de la empresa en estudio, fue posible diagnosticar y fue propuesta una forma de realizar la construcción de redes eléctricas utilizando postes reforzados con fibra de vidrio en sustitución de los postes de madera.

Los costos estarían disminuyendo debido a la vida útil de los materiales propuestos, la menor cantidad de mano de obra necesaria para instalar los postes, un menor costo de transporte hacia el punto de construcción, entre otros.

Para lograr realizar la mejora en la gestión de costos en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica, utilizando postes de polímero reforzado con fibra de vidrio en el área rural del departamento de Escuintla, fue necesario dar respuesta a la pregunta central de investigación:

- ¿Cuál es la disminución de la gestión de costos en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica, para el área rural del departamento de Escuintla, al utilizarse postes de polímero reforzado con fibra de vidrio?

Para contestar la pregunta central de investigación, se plantearon las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cómo se construyen las líneas de distribución de energía eléctrica en el área rural del departamento de Escuintla?
- ¿Cuáles son los costos que intervienen en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica, en el área rural del departamento de Escuintla?

- ¿Cuál será el resultado, en la relación costo – beneficio, al utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio, para la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica?

El trabajo de investigación fue realizado para la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., específicamente, para el Departamento de Construcción de Redes Eléctricas. El análisis de costos fue realizado considerando los procedimientos con los que la distribuidora de energía eléctrica realiza la construcción de redes.

Para lograr lo anterior, fue necesario el análisis de tres proyectos o unidades de análisis en áreas de difícil acceso, ya ejecutados, identificando los costos relacionados con la construcción de redes.

La incorporación de tecnología moderna en las actividades diarias ha sido un diferenciador entre las empresas que se posicionan como líderes en los mercados en donde se encuentran participando. Permite romper paradigmas empresariales y fomenta la innovación dentro de su personal, dando como resultado la mejora en la gestión.

OBJETIVOS

General

Utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio para disminuir la gestión de costos, en líneas de distribución de energía eléctrica, para el área rural del departamento de Escuintla.

Específicos

1. Establecer la forma en la que se construyen redes de distribución de energía eléctrica en el área rural del departamento de Escuintla.
2. Determinar los costos que intervienen en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica, en el área rural del departamento de Escuintla.
3. Calcular la relación beneficio-costos al incorporar las ventajas de utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica.

RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

Los objetivos establecidos en este documento fueron alcanzados estructurando la investigación con un diseño exploratorio con enfoque mixto. Es exploratorio porque en el país se tiene escasa información de la aplicación de postes de polímero reforzado con fibra de vidrio y se sustenta en la revisión bibliográfica, en los criterios de expertos y en la observación directa de las actividades de construcción fundamentales para la determinación de los costos.

Para llevar a cabo el estudio se utilizó la información documental de los procesos asociados a la actividad de construcción de líneas de distribución eléctrica, información de los criterios utilizados por las personas expertas en el área, los diseños normados para realizar las construcciones y las normas vigentes según las cuales deben realizarse cualquier diseño de red eléctrica de distribución.

El enfoque de la investigación es de carácter mixto: cuantitativo porque se identificaron los elementos fundamentales para determinar los costos y se evaluaron los beneficios al incorporar un material. También es cualitativo porque se utilizó la revisión documental para identificar investigaciones elaboradas con anterioridad y los criterios de los expertos que construyen redes eléctricas.

Este trabajo inició con la determinación de los costos de construcción, tanto directos como indirectos, costos de operación, costos de mantenimiento y costos administrativos. Después se realizó un estimado de los beneficios que se obtendrán en un período determinado de tiempo, se realizó una comparación

entre los beneficios obtenidos entre los tipos de construcciones utilizadas y, posteriormente, fue seleccionada la opción que proporcionó mayores beneficios.

El tipo de estudio fue descriptivo porque no se interviene en la variable de estudio. Fueron necesarias cuatro fases para alcanzar los objetivos propuestos: 1) la recopilación de la información teórica: contenida en fuentes bibliográficas, documentación y casos existentes relacionados con el tema central con el fin de proveer de una sólida base teórica para el desarrollo del estudio. 2) El diagnóstico del proceso de construcción de redes eléctricas: se analizó la información disponible dentro de la distribuidora de energía eléctrica, así como la opinión de expertos en el tema. 3) La selección y análisis de las unidades de estudio determina la relación beneficio-costos, de donde la población del trabajo equivale a la cantidad de proyectos realizados mensualmente por la distribuidora y como se conoce el tamaño de la población, se calcula el tamaño de la muestra, resultando en tres trabajos de construcción los adoptados en esta investigación. 4) La discusión de resultados de cada unidad de análisis y la propuesta de mejora para la gestión de costos.

Para la realización del estudio, se utilizaron herramientas conocidas ampliamente dentro del área de ingeniería que permitieron medir, evaluar y calcular el impacto al manipular una variable como cuestionarios, histogramas, gráficos de control, indicadores financieros, entre otros. Las herramientas permitieron la manipulación de las variables de tiempo, precios, vida útil, entre otros, que resultó en el comparativo necesario para darle respuesta a las preguntas de investigación de este trabajo.

De forma complementaria, como instrumento de medición de datos cualitativos se elaboró un cuestionario debido a su nivel de confianza y validez

en la obtención de datos, además de la observación no estructurada del proceso.

INTRODUCCIÓN

Un tema de interés permanente dentro de una empresa es el de los costos, ya que muestra el nivel de eficiencia de los procesos. En este trabajo de investigación, realizado a una distribuidora de energía eléctrica, se identificó la posibilidad de mejorar la forma en la que se construyen redes de distribución de energía eléctrica, lo que al final mejoraría la gestión de costos al considerar utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio.

El poste de polímero reforzado con fibra de vidrio posee características técnicas similares a los de los postes de madera. Adicionalmente, este tipo de poste es muy liviano, posee una vida útil aproximada de cincuenta años y debido al material con el que se encuentra fabricado, después de su vida útil podrá reciclarse y reutilizarse en otro tipo de aplicación.

La importancia de este estudio se enfocó en proporcionar, a la distribuidora de energía eléctrica, un análisis del proceso de la gestión de los costos que se realiza en la construcción de redes eléctricas en el área rural, demostrando que los procesos deben actualizarse para obtener mejores resultados en la gestión.

Una mayor relación beneficio-costos podría obtenerse al mejorar el proceso de construcción de redes eléctricas de la empresa distribuidora de energía eléctrica al incorporar materiales tecnológicos de vanguardia, tales como los

postes de polímero reforzado con fibra de vidrio como sustituto de los postes de madera.

En el capítulo 1, se presenta el marco teórico de la investigación, la descripción general de la actividad de construcción de redes de una empresa distribuidora de energía eléctrica en Guatemala, los elementos utilizados para construir redes eléctricas, la teoría general de la gestión de costos de proyectos y la evaluación de proyectos para determinar su beneficio total.

En el capítulo 2, se presentan los resultados obtenidos del trabajo de investigación, considerando el diagnóstico de la empresa distribuidora. Además, fueron evaluados los indicadores financieros para determinar la relación beneficio-costos utilizando postes de polímero reforzado con fibra de vidrio, dando respuesta a cada una de las preguntas que originan los objetivos específicos.

En el capítulo 3, se han discutido los resultados de la disminución de la gestión del costo con la inclusión del poste de polímero reforzado de fibra de vidrio como sustituto del material convencional. Tomando en consideración las características de cada una de las unidades analizadas y las recomendaciones de los expertos constructores fue posible desarrollar una propuesta de mejora a los procesos actuales de construcción.

De acuerdo con los resultados del trabajo de investigación, la forma en la que se construyen las redes de distribución de energía eléctrica en el área de Escuintla se divide en dos. La administrativa, que se relaciona con la gestión en la solicitud de la nueva red de distribución, el diseño, la designación del contratista, las condiciones de entrega y la facturación. Por otro lado, la parte

operativa que se relaciona con la ejecución, supervisión de los trabajos realizados y la actualización en el sistema de la nueva red.

El estudio concluye en que, al utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio, se obtiene un beneficio en la gestión de costos, ya que fue posible disminuir tiempos de traslados de la actividad y mano de obra adicional a la habitual en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica en el departamento de Escuintla.

Se recomienda a las empresas, realizar verificaciones periódicas a los procesos internos para determinar los costos asociados, incorporando métodos de control para realizar una mejor gestión de los recursos.

1. MARCO TEÓRICO

La cadena de suministro de la energía eléctrica se encuentra integrada por la generación, la transmisión y la distribución de la energía eléctrica, esta es, el punto de partida y base teórica para la actividad de construcción de redes de distribución de energía eléctrica.

La actividad de distribución de energía eléctrica se encuentra regulada, es decir, por ser un servicio público de acceso a toda la población, se regula por un ente técnico designado comúnmente por el Ministerio de Energía de cada país.

Para tener una comprensión adecuada del trabajo de investigación, el marco teórico se divide en dos secciones; la primera sección relacionada con los conceptos básicos de redes de distribución de energía eléctrica y la segunda, con los conceptos de la gestión de costos.

1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica

Según Ramírez (2004) la función primordial del sistema de distribución es llevar la energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo de forma segura y, según su nivel de tensión, pueden ser redes de media tensión (desde mil voltios hasta sesenta y nueve mil voltios) o de baja tensión (hasta mil voltios) para atender a usuarios industriales, comerciales y residenciales con un nivel de calidad establecido normativamente.

1.1.1. Tipos de diseños de sistemas de distribución de energía eléctrica

Según el *Power Distribution Planning Reference Book* (2004), existen tres formas fundamentales de distribuir energía eléctrica: líneas radiales, en anillo y en redes. Son sistemas aéreos si se tiene la disponibilidad de espacio; pueden ser sistemas subterráneos en un área de alta demanda de energía. Las configuraciones de las redes de distribución cambian, o se adaptan a la demanda, en función de la zona de servicio, diferenciándose entre área urbana y área rural.

1.1.1.1. Área urbana y área rural

Una definición específica de urbano y rural no existe, ya que cambia de país en país, UNICEF define el área urbana considerando diferentes factores como densidad demográfica, servicios básicos, uso del suelo industrial o de varios servicios con desarrollo constante. Por otro lado, la CEPAL, define al área rural como una zona geográfica de una región determinada, fuera de la periferia de las ciudades o núcleos urbanos, con una baja densidad de población, asentada en un terreno de uso agrícola o forestal.

1.1.2. Materiales para construir redes eléctricas

Para el diseño y construcción de redes eléctricas de distribución, parafraseando a Perén (2009), se deberán cumplir con las normas vigentes relacionadas con la seguridad y con las técnicas para el diseño, construcción y mantenimiento de las redes. A su vez, se deberán seleccionar los materiales con los que se construyan las redes ya que su correcto funcionamiento determinará la confiabilidad del suministro. Los equipos son comúnmente: el

cable conductor, transformadores de distribución, elementos de protección, herrajes, aisladores, apartarrayos, postes, entre otros.

1.1.3. Polímeros

Los polímeros están formados por la unión de miles de moléculas que forman cadenas gigantescas de diferentes formas (Lotz & Wittmann, 2006). Existen polímeros naturales como el algodón, la celulosa, la seda, la lana, y también existen, otros tipos de polímeros sintéticos con diferentes aplicaciones y de propiedades específicas.

García (2009) menciona que siglos atrás, los materiales que eran utilizados para la construcción de herramientas y útiles de uso cotidiano eran provistos por la madre naturaleza, basándose siempre en tres grandes grupos: madera, roca y metal. Sin embargo, estos materiales no eran lo suficientemente moldeables ni utilizables para todas las necesidades del hombre, por lo que se experimentó inicialmente con los polímeros naturales como el ámbar, la goma laca y la asta natural.

Al pasar de los años, se ha desarrollado desde el estorax, que es un bálsamo de un árbol, hacia el estireno para luego desarrollar el poliestireno y las resinas de poliéster. Paralelamente se estaba desarrollando, a través del caucho, la ebonita y la celulosa, avances en los procesos de vulcanización y otros avances industriales y no es hasta inicios del siglo XX, que Leo Baekland descubre el primer plástico termoestable, el cual es un polímero completamente sintético, denominado bakelita (Miravete, 1995). Este material, hizo posible la fabricación de diferentes artículos debido a su facilidad para moldear y trabajar. Básicamente este fue el inicio del período del decaimiento de los polímeros naturales.

1.1.4. Fibra de vidrio

La *ASM International Technical Book Committee* (2012), menciona que la fibra de vidrio es un material estructurado ingenierilmente como compuesto, ya que se forma de varios tipos de moléculas. La fibra de vidrio se produce bajo un proceso de fusión, produciendo un conjunto de filamentos ordenados con forma de fibra.

Morales (2008) establece que la fibra de vidrio se podría encontrar configurada en tres formas distintas: alineada en una sola dirección, cortada aleatoriamente o trenzada en un tejido laminado con la matriz. Además, que las fibras de refuerzo de carbón o de Kevlar toman como base a la fibra de vidrio. Recientemente, se han realizado estudios de otros tipos de polímeros que son reciclables, con mayor resistencia mecánica y a altas temperaturas, como el sulfuro de polifenileno.

1.1.5. Características de la fibra de vidrio

Miravete (1995) menciona que las fibras de vidrio son el refuerzo más utilizado en la industria de plástico; las principales características del plástico reforzado son las siguientes:

- Alta resistencia a la tensión
- Bajo peso
- Resistencia a la corrosión
- Material no combustible
- Biológicamente inerte
- Resistencia a la intemperie, baja absorción de humedad
- Baja conductividad, alto potencial dieléctrico

- Flexibilidad de diseño según requerimiento puntual.

1.1.6. Los costos de distribución

Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, los costos de distribución se pueden agrupar en cuatro categorías principales: el costo de capital, el costo de operación y mantenimiento, el abastecimiento y las pérdidas de energía y potencia.

1.1.6.1. El costo de capital

El costo de capital de una empresa distribuidora equivale a la depreciación de sus instalaciones, más el interés que genera el capital invertido durante un año o un mes. Regularmente este interés es mayor que el interés bancario, ya que incluye el riesgo asociado al negocio de los inversionistas. Básicamente, tal y como lo establece Moscoso & Sepúlveda (2014, p. 9), “el costo de capital es el rendimiento mínimo que debe generar un proyecto o una empresa para que los inversionistas estén dispuestos a invertir”.

1.1.6.2. El costo de operación y mantenimiento

Parafraseando a Porter & Kramer (2011), el mantenimiento es el manejo adecuado de los activos de una empresa, en este caso, los costos de operación y mantenimiento comprenden principalmente la remuneración del personal técnico y administrativo necesarios para atender las necesidades de la compañía, la renta del terreno y los costos de mantenimiento de las líneas y los transformadores. Se incluyen también, los costos asociados a los consumos

propios y los servicios externos que se contratan a terceros como la lectura de medidores, notificaciones a los clientes, poda, entre otros.

1.1.6.3. El costo de abastecimiento

El costo de abastecimiento se refiere a los costos incurridos por la distribuidora para obtener la cantidad de energía de los generadores que la producen. El distribuidor traslada este costo directamente a los usuarios, quienes pagan una tarifa eléctrica en función de la cantidad de energía suministrada. Bedón (1998) menciona que la energía eléctrica es una mercancía cuyo costo y precio de venta varía según los medios de producción y las circunstancias de tiempo y lugar. En otras palabras, los clientes deben pagar por los costos del transporte de sus requerimientos de energía, desde los generadores hasta los centros de consumo y las pérdidas que se hayan producido en el trayecto.

1.1.6.4. El costo de pérdidas

En la Ley General de Electricidad de Guatemala, se reconoce que la remuneración de las distribuidoras de energía eléctrica, deben considerar las pérdidas que se relacionan con el nivel de tensión, dado que, a menor voltaje se produce una mayor cantidad de pérdidas en distribución que las que se generan durante la generación o la transmisión de la energía. Según Jiménez, Serebrisky & Mercado (2014) los niveles de pérdidas eléctricas constituyen una importante medida de eficiencia y sostenibilidad financiera en el sector eléctrico, ya que el costo de las pérdidas equivale a la energía de entrada, menos la energía de salida.

1.2. Teoría de la gestión de costos

La dirección de proyectos es dinámica y en constante cambio, además, si se relacionan las tendencias en la gestión de los proyectos exitosos, es conveniente incluir la teoría básica según el *Project Management Institute* (2013), el cual, establece que la planificación, la estimación, la preparación y el control de todos los costos, son los procesos fundamentales que todo proyecto exitoso debe considerar para llegar a concretarse.

De forma general, según el *Project Management Institute* (2013), las actividades principales que integran la gestión de costos son:

- La estimación de costos: consiste en desarrollar un análisis e identificación de todos los costos que pudieran existir dentro de un proyecto.
- Preparación del presupuesto de costos: teniendo identificados todos aquellos costos que se incluirán dentro del proyecto, se procede a sumarlos, para obtener la línea base de costos.
- Control de costos: se relaciona con la identificación de aquellas variables que afectan a los costos y a la administración adecuada de los cambios en el presupuesto.

El PMIBOK menciona que la gestión de costos, además de enfocarse en la adecuada administración de los recursos necesarios para completar el proyecto, se encarga de las decisiones del proyecto sobre los costos del uso, mantenimiento y operación del proyecto o servicio. Al considerar estas actividades, se estaría mejorando la toma de decisiones, una reducción en los

costos globales, reducción en el tiempo de ejecución del proyecto y, consecuentemente, habría un aumento en la calidad del proyecto o servicio desarrollado.

Los procesos de gestión de costos varían necesariamente según el área de aplicación y surgen durante la definición del proyecto. La gestión del costo del proyecto puede establecer dentro de sus objetivos: determinar el nivel de precisión, establecer una unidad de medida de los costos, identificar las relaciones con otros elementos de la organización, umbrales de control, desarrollo de formatos de informe y una descripción de todos los procesos.

1.2.1. Estimación de costos

Keat & Young (2004), mencionan que es importante establecer una aproximación de los costos de los recursos necesarios para cumplir cada actividad del proyecto. Al ser una aproximación, se deben incluir los riesgos a los que estará sujeto el proyecto, así como a cualquier variación que pueda presentarse durante su desarrollo. La aproximación de los costos incluye la identificación y consideración de diversas alternativas de costos, esto para la toma de decisiones acertada acerca de cuáles costos considerar y una mejor selección del proveedor del servicio o producto. La unidad utilizada para determinar los costos es en la moneda de referencia de cada caso.

1.2.2. Consideraciones para la estimación de costos

Según el *Project Management Institute*, para estimar adecuadamente los costos, se deben considerar los siguientes elementos:

- Factores ambientales de la empresa, relacionados con las condiciones de mercado y las bases de datos comerciales disponibles de todos los recursos que serán necesarios para la ejecución del proyecto.
- Los procesos activos dentro de la organización en donde se desarrolle el proyecto, esto debido a la existencia de políticas, procedimiento, normativos y guías propias de cada organización que intrínsecamente se han desarrollado para establecer procedimientos, tales como formularios, plantillas, información histórica, casos relacionados con el proyecto considerando las lecciones aprendidas, entre otros.
- El enunciado del alcance del proyecto, en donde se establecen las necesidades y requisitos del proyecto, al igual que las restricciones, que podrían limitar los recursos, por ejemplo, el tamaño del presupuesto inicial, así como las fechas de finalización del proyecto. Otro tipo de requisitos los integran la salud, la seguridad personal y material, el medioambiente, los seguros, los derechos de propiedad intelectual, licencias y permisos.
- La estructura de desglose de proyecto, porque suministra la relación entre todos los componentes y los productos entregables del proyecto.
- El plan de gestión del proyecto, que suministra la información general para ejecutar, supervisar y controlar el proyecto.
- El plan de gestión del cronograma, que básicamente ordena la cantidad de tiempo disponible para la ejecución del proyecto y el tiempo que necesitan los recursos para ser utilizados dentro del proyecto.

- El plan de gestión del personal, que incluye los requerimientos de selección de personal y los costos de personal.
- Los riesgos, ya que cuando un proyecto experimenta un evento que le afecta negativamente, el costo aumenta y se produce un retraso en el cronograma.

1.2.3. Preparación del presupuesto de costos

Mulleady (1986), menciona que los costos dependen del tipo de negocio o empresa que sea desarrollada, así que identificados todos los recursos y después de estimar sus costos, se prepara un presupuesto de costos, que implica sumar cada uno de los costos para establecer una línea de base de costo total. Dentro del enunciado del alcance del proyecto incluye el presupuesto resumen. Debe considerarse que las estimaciones de los costos se preparan con anterioridad a las solicitudes de presupuesto y a la autorización del trabajo.

1.2.4. Control de costos

Según Welsch & Cole (2005), la planificación eficiente y el control sistemático de los costos de un proyecto, busca las causas de variaciones en el presupuesto, las que pueden ser positivas o negativas. Para evitar dichas variaciones, es necesario un análisis consiente de los costos asociados al proyecto, como registrar todos los cambios de último momento que se presente, registrar debidamente los sobre costos, entre otros.

1.2.5. Evaluación de proyectos de inversión

López (2006) establece que las decisiones de inversión son las más importantes en las finanzas, por lo que se debe invertir en todos aquellos activos capaces de generar valor para la compañía. Todas aquellas inversiones que se realicen en activos ya sean maquinarias, nuevos equipos o vehículos requieren ser analizados mediante los beneficios futuros y se deberán llevar a cabo mediante una planificación previamente establecida.

1.2.5.1. El valor actual neto

Para Jiménez, Espinoza & Fonseca (2007), el valor actual neto es el que resulta de la diferencia entre el valor presente en los futuros ingresos netos esperados. Conceptualmente, el VAN representa el valor absoluto que es adicionado por un nuevo proyecto, a la empresa en un momento inicial cero. Si el VAN es positivo, básicamente significa que se le ha agregado valor a la riqueza de los inversionistas. Los proyectos cuyo resultado sea una VAN mayor que cero se llevan a cabo; aquellos proyectos que resulten con una VAN negativa no deberán ejecutarse ya que implícitamente conllevan una disminución de la riqueza de la compañía.

1.2.5.2. Costo anual uniforme equivalente

Para Morín (2017) consiste en convertir todos los ingresos y egresos de la actividad, en una serie uniforme de pagos, resulta positivo si los proyectos son viables o negativo en caso contrario.

1.2.5.3. La tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), menciona Sapag (2007), es la tasa que descuenta el valor de los futuros ingresos netos esperados que son iguales a la inversión inicial. En otras palabras, es la tasa que hace que la VAN sea igual a cero. La TIR es una medida de rentabilidad periódica de la inversión en términos relativos, básicamente, indica el porcentaje de rentabilidad que se obtiene por cada unidad monetaria invertida en los proyectos.

1.2.5.4. La relación beneficio- costo

Vergara (1986), menciona que la metodología del análisis beneficio-costo es sencilla, ya que se identifican los costos, se cuantifican los beneficios y se comparan a manera de determinar la mejor opción. Básicamente es un método que sirve para tomar la decisión acerca de la realización o no de los proyectos al igual que la VAN y la TIR y considera el valor del dinero en el tiempo. La regla para la aplicación de esta técnica consiste en aceptar cualquier proyecto cuyo índice de rentabilidad sea mayor que uno, rechazar cualquiera cuyo índice de rentabilidad sea menor que uno y analizar las opciones de flexibilidad que pueda tener el proyecto si el índice de rentabilidad se aproxima a la unidad.

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo, de acuerdo con los objetivos establecidos en esta investigación, se recopiló la información relacionada con los procesos, participantes, instrumentos y equipos utilizados para construir redes de distribución, así como los costos de cada actividad para obtener respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

El capítulo se encuentra separado por secciones, las cuales, permiten alcanzar progresivamente los objetivos específicos indicados en este trabajo: para alcanzar el objetivo 1 se trabajó con la información teórica relacionada con el tema y la información disponible dentro de la distribuidora. Para alcanzar el objetivo 2, se trabajó con los expertos y se cuantificaron los costos necesarios para construir redes eléctricas. Finalmente, el objetivo 3, resulta de la determinación del beneficio al construir redes eléctricas considerando postes de polímero reforzado con fibra de vidrio y la importancia en los costos totales al gestionarse esta variable apropiadamente.

Adicionalmente, en el desarrollo del capítulo se encuentran incluidas las respuestas a un cuestionario realizado a los profesionales del tema respecto de la forma, normas, procesos y tecnologías utilizadas para construir redes de distribución. El cuestionario está conformado por nueve preguntas, de tipo cerrado de elección única, de respuestas múltiples y de escala nominal.

2.1. Forma de construir redes eléctricas del área rural del departamento de Escuintla

Existe diferente normativa, en función del país, que rige la construcción de redes. En general, existen normas internacionales (IEC), normas americanas (ANSI) y las normas nacionales vigentes, aprobadas por la CNEE, conocidas como normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución.

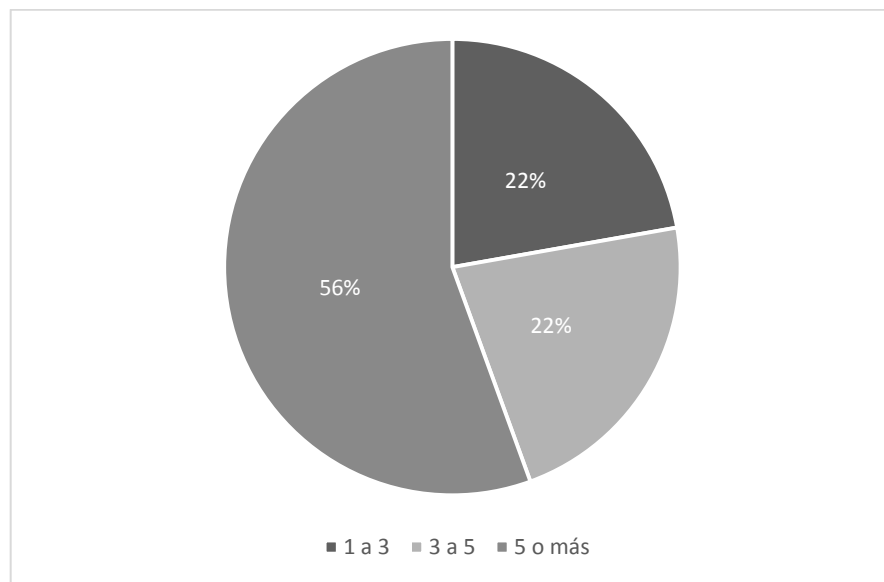
De forma general, se incluyen dentro de las NTDOID los lineamientos de seguridad que son importantes de considerar para diseñar adecuadamente una red de distribución. Dentro de estos lineamientos se mencionan los siguientes:

- Distancia de seguridad en la construcción de redes: se relaciona con el artículo décimo octavo de la NTDOID y cuya finalidad son los requerimientos mínimos que deben cumplir el diseño y la construcción de líneas aéreas de distribución de energía.
- Distancia de seguridad vertical sobre el nivel del suelo, se refiere a la distancia mínima que deben tener los conductores aéreos respecto del suelo, agua y vía férrea.
- Distancia de seguridad entre conductores, existe una distancia de seguridad entre conductores y se establece matemáticamente en función del nivel de tensión de los conductores en una misma estructura física o en una estructura distinta de soporte.

La figura 1 permite visualizar la cantidad de experiencia acumulada del personal responsable de la construcción de redes y, por lo tanto, del

conocimiento y aplicación de la normativa vigente. Los resultados en porcentajes demuestran que los trabajadores, en su mayoría, poseen por lo menos cinco años de experiencia y, aproximadamente una quinta parte es de reciente ingreso en la institución.

Figura 1. Tiempo de laborar en el departamento de construcción



Fuente: elaboración propia.

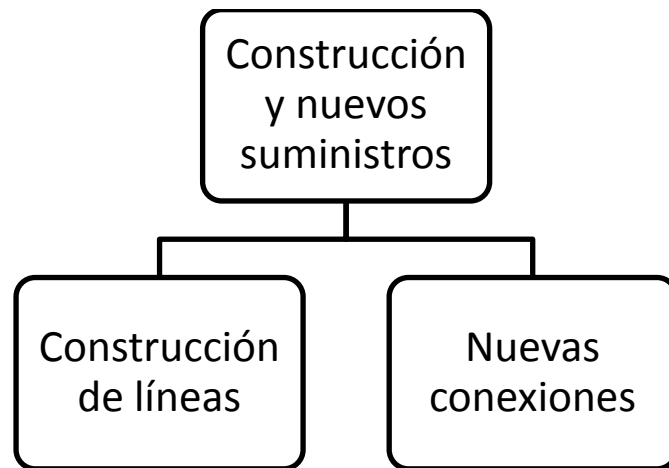
2.1.1. Estructura organizacional del departamento de construcción

Debido al crecimiento constante de la demanda eléctrica por usuarios, para que Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. logre suministrar la energía eléctrica a sus clientes, se destina un departamento de construcción de redes eléctricas para la expansión de la red, según sea necesario.

La figura 2, muestra la estructura organizacional que Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., posee para atender, según las estadísticas publicas

mostradas en su página de internet (www.eegsa.net), a los más de un millón de clientes, proporcionándoles un servicio confiable y de calidad atendiendo la normativa vigente.

Figura 2. **Estructura organizacional del departamento de construcción**



Fuente: elaboración propia, utilizando MS Project

El departamento de construcción y nuevos suministros tiene la responsabilidad de fiscalizar y encargarse de los proyectos futuros de construcción. El objetivo principal del departamento es llevar la energía eléctrica, poste a poste, hasta las instalaciones del usuario del servicio de distribución final.

La unidad de construcción de líneas, por su parte, mantiene actualizada la normativa de construcción, realiza el desarrollo de los proyectos, la elaboración del presupuesto, la contratación de empresas especializadas para ejecutar el proyecto, entre otros. La plantilla de trabajadores la integran quince personas quienes cumplen con las directrices de la organización.

La unidad de nuevas conexiones se encarga de habilitar un registro de los consumos de energía eléctrica para su posterior facturación. Lo hace por medio de medidores certificados y comprados en laboratorio, e instalados en las propiedades de los nuevos clientes.

Esta actividad se realiza, tanto en las nuevas instalaciones, como en las ya existentes. La plantilla de trabajadores la integran siete personas que se encargan de la gestión comercial correspondiente.

El departamento de construcción se encarga de desarrollar la normativa interna para que todas las necesidades energéticas puedan ser atendidas considerando factores como seguridad, calidad, innovación y aplicación en cada proyecto de red eléctrica.

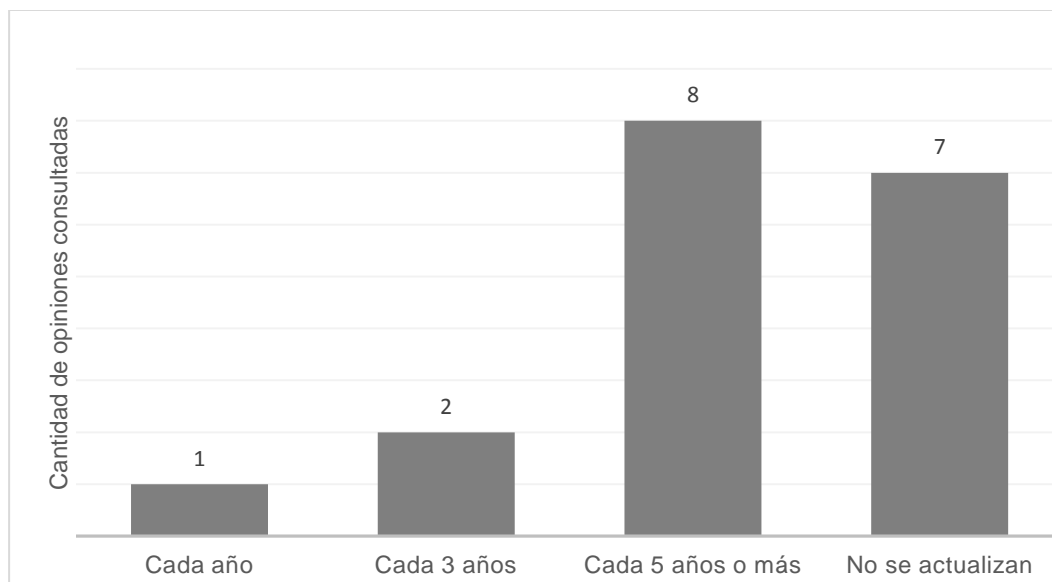
2.1.2. Área rural del departamento de Escuintla

El departamento de Escuintla se encuentra ubicado en la región Central de Guatemala con una extensión territorial aproximada, según el Instituto Nacional de Estadística, de 4 384 kilómetros cuadrados y para 2011, la mitad de la población del departamento de Escuintla vivía en áreas rurales. Específicamente en Guanagazapa se pueden encontrar los mayores niveles de necesidades básicas para la población, al carecer de muchos servicios, incluido el de la energía eléctrica.

Escuintla posee básicamente dos estaciones: seca y húmeda, siendo más propensos a ser vulnerables ante amenazas naturales como los desbordes de ríos, derrumbes, tala inmoderada de árboles, entre otros.

En general, existe una normativa interna que permite desarrollar la construcción de redes eléctricas en cualquier lugar, sin embargo, al ser consultados los expertos en el tema, figura 3, respecto de la normativa interna vigente para construir redes, existe la creencia de que las normativas se actualizan después de un período muy largo, es decir, cada cinco años o más.

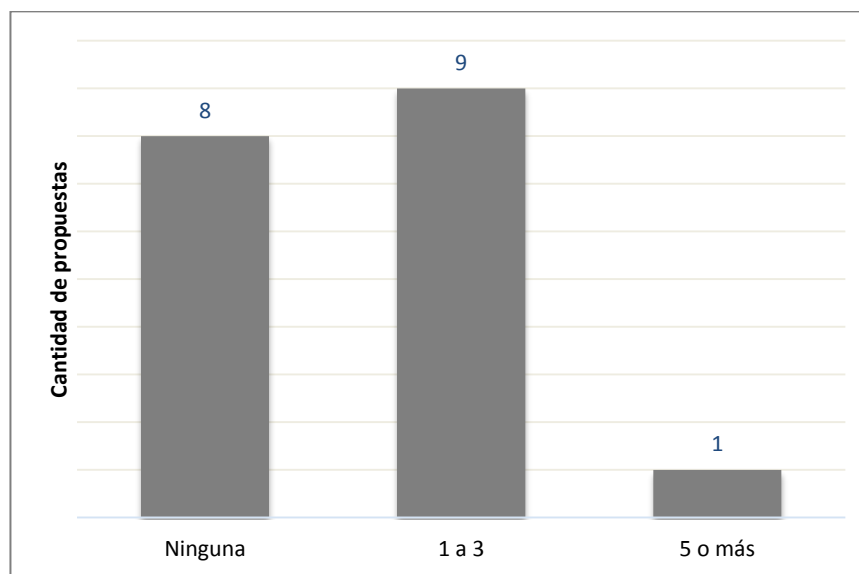
Figura 3. Periodicidad para la actualización de normas de construcción



Fuente: elaboración propia con datos de la distribuidora.

Además, con la figura 4 se evidencia que los expertos que llevan a cabo las tareas realizan un mínimo de propuestas para renovar las normas internas, identificando que existe poca motivación para proponer cambios ya que estos cambios se establecen cada cinco años o más.

Figura 4. **Propuestas individuales para mejorar las normas vigentes**



Fuente: elaboración propia.

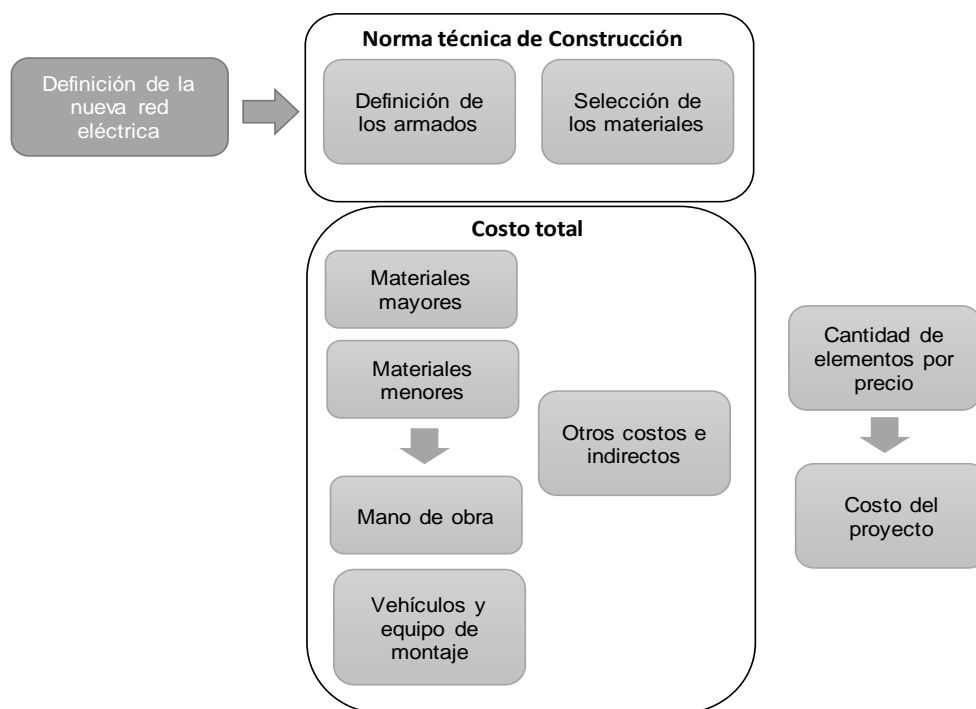
2.1.3. **Construcción de redes eléctricas eficientes**

La construcción de la red eléctrica se realiza con arreglos de materiales que cumplen con un objetivo específico por unidad, este es el kilómetro de red, centro de transformación, u otro. En este sentido, los “armados” le benefician al constructor en el diseño de instalaciones eléctricas organizándolas de una forma lógica, sencilla y ordenada.

De manera simplificada, para cada kilómetro de red por construir, se debe elaborar el diseño básico, materiales, horas – hombre, horas – equipo, montaje, entre otros, para permitir la determinación total del costo de la red.

En la figura 5, se presenta el diagrama conceptual adoptado para la composición de todos los proyectos, su relación con los diferentes recursos y su posterior cuantificación económica, dentro de un marco normativo establecido por la Ley General de Electricidad de Guatemala.

Figura 5. Esquema general para construir redes eléctricas eficientes



Fuente: elaboración propia.

Al presentarse una solicitud de nueva red eléctrica, se debe definir el diseño de la nueva red, esto es, establecer los tipos de armados o estructuras o unidades de montaje que son necesarios para llevar la electricidad de un punto a otro, o la definición de materiales, pudiendo ser mayores o menores en función de su importancia. Mayores son transformadores, postes, entre otros, mientras que los menores son tornillos, arandelas y otros. Posteriormente, se

selecciona la mano de obra y finalmente, los vehículos por utilizar. Esto constituye los costos que, multiplicados por la cantidad de armados o estructuras, darán al final el costo total del proyecto de construcción de red eléctrica.

La información necesaria para la definición de armados se puede resumir en la figura 6, la cual, especifica la composición de cada tipo de recurso analizado en la actividad.

Figura 6. **Recursos analizados en la construcción de redes**

Recursos			
Materiales	Mano de obra	Vehículos y equipos de montaje	Elementos varios
Conjunto de elementos por utilizar que forman una estructura	Se refiere al tipo de trabajador y tiempo de trabajo para realizar la actividad constructiva	Se refiere al tipo de vehículo y herramientas para realizar la actividad constructiva	Imprevistos o gastos de ingeniería, diseño, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

La apropiada conformación de las cuadrillas de construcción impacta en la eficacia para ejecutar los trabajos en las redes, con un perfil y competencias suficientes para alcanzar un resultado positivo. Adicionalmente, el equipamiento

de seguridad y usanza de las herramientas de trabajo son fundamentales para la construcción de cualquier red.

Regularmente una cuadrilla de trabajo de construcción se conforma de cuatro personas: un jefe de cuadrilla y tres linieros con niveles diferenciados. La cuadrilla debe ser capaz de realizar diferentes funciones, así como de poseer capacidades técnicas que le permitan realizar su trabajo, esto puede observarse en la tabla I de funciones.

Tabla I. **Tabla de funciones de la cuadrilla de construcción**

Puesto	Funciones
Jefe de cuadrilla	Coordinar, administrar y supervisar las actividades de la cuadrilla velando por el cumplimiento de la normativa y la integridad física de los colaboradores.
Liniero de primera	Servir de vínculo del jefe de cuadrilla y el resto de los integrantes en las labores cotidianas atendiendo las directrices de calidad en los servicios prestados.
Liniero de segunda	Apoyar al liniero I y jefe de cuadrilla en las labores, atendiendo las directrices de calidad en los servicios prestados y seguridad.
Liniero de tercera	Ayudar en las labores de construcción, atendiendo las directrices de calidad en los servicios prestados y seguridad.

Fuente: elaboración propia.

Respecto de los equipos de montajes y herramienta, son específicos para cada trabajo, sin embargo, existen camiones, vehículos de carga de materiales, vehículos para construcción, entre otros.

La composición de la cuadrilla de trabajo, la correcta selección de los vehículos y la destreza en la utilización de equipos de montaje determina el tiempo en el que se realiza una actividad. La búsqueda de la mejora en los procesos hará eficientes los tiempos que se necesitan para completar las distintas tareas.

El tiempo de realización de las tareas de construcción consideradas en este trabajo consideran el izado de postes de madera y concreto, el anclaje de postes, instalación de cruceros, el tendido de líneas, instalación de transformadores, entre otros.

El estudio se basó tomando en consideración una cuadrilla típica de construcción conformada por cuatro integrantes: jefe de cuadrilla, liniero I, liniero II y liniero III, utilizando un camión liniero de un rango entre 9 y 12 toneladas con pluma hidráulica.

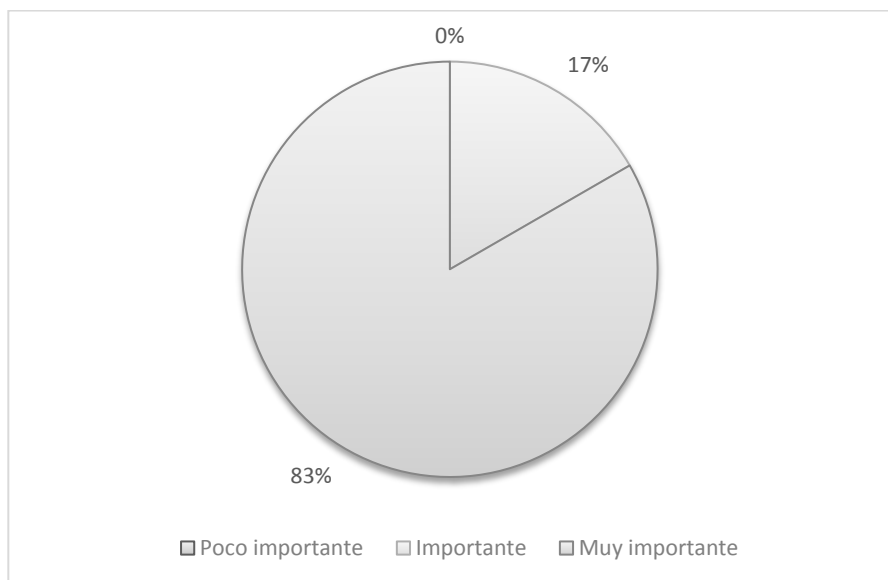
2.2. Costos para construir redes eléctricas de distribución de energía en el área rural del departamento de Escuintla

En este apartado, se explicarán brevemente los costos que debe asumir una distribuidora para suministrar el servicio, luego, se hará la descripción de las actividades eficientes.

En general, a través de figura 7 se recopiló la información relacionada con la elaboración de presupuestos antes de realizar un proyecto, confirmándose

que antes de emitir cualquier orden de trabajo, se debe verificar el monto por concepto de costos directos y costos indirectos, necesarios para construir redes eléctricas. Para cada proyecto existe un presupuesto asignado y un límite autorizado por personas de diferente jerarquía que trabajan en el departamento de construcción. Es decir, algunos ingenieros únicamente tienen autorizado una cantidad monetaria para un proyecto de construcción pequeño, mientras el jefe de unidad o el jefe de departamento, se encuentran autorizados para ejecutar proyectos de varios kilómetros de longitud.

Figura 7. **Elaboración del presupuesto para el trabajo de construcción**

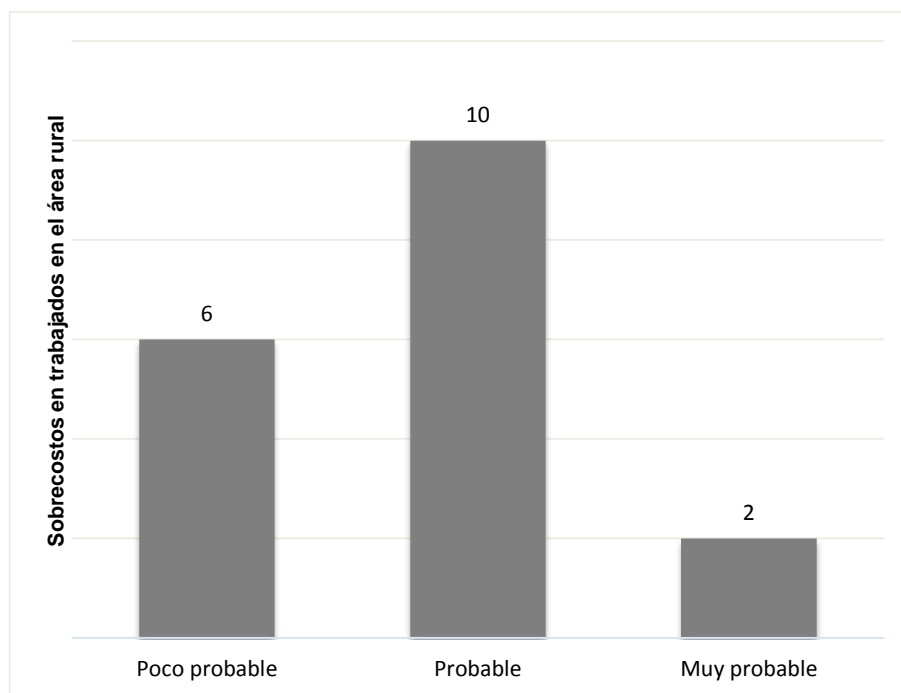


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la figura 8, muestra las consideraciones acerca de la presencia o no de sobrecostos en proyectos de construcción. Se evidencia, en función de la cantidad de años de experiencia de los expertos, que sí han surgido sobrecostos cuando se trabaja en el área rural, sin embargo, la opinión de algunos expertos se centra en que los trabajos no presentarán sobrecostos

porque son mitigados con el correcto diseño de ingeniería y la planificación anticipada de las nuevas líneas de distribución.

Figura 8. **Sobrecostos en la construcción de redes en el área rural**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. **Proceso de la construcción de red eléctrica de distribución de energía**

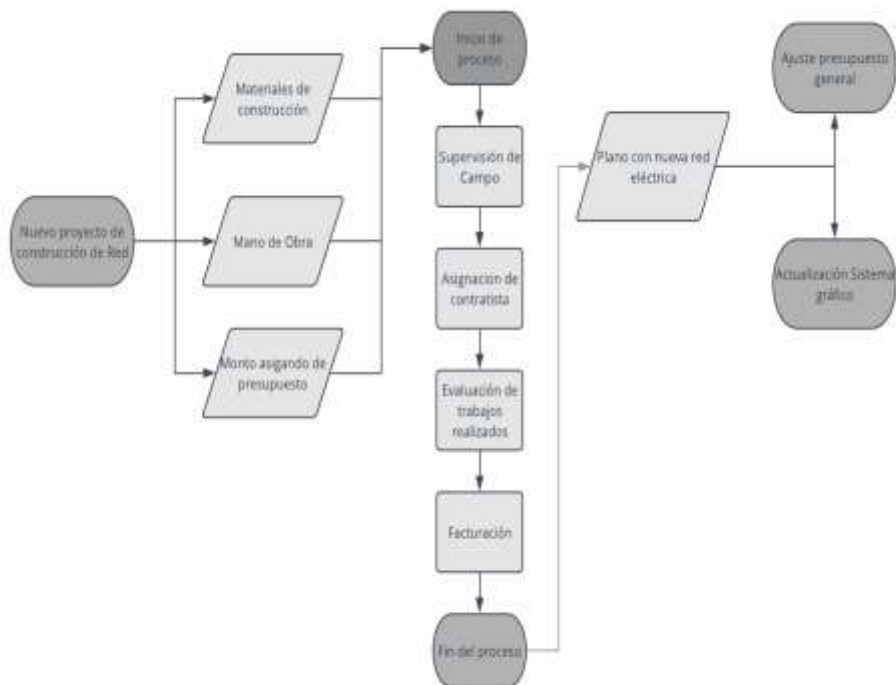
El departamento de construcción controla los costos de los proyectos en función del presupuesto inicial determinado por el tamaño de la necesidad y la gestión queda almacenada en un sistema informático de gestión empresarial SAP ®. En este sistema se realiza el balance de los recursos disponibles al término de la actividad.

El tiempo total por la ejecución del trabajo se acuerda entre partes, es decir, el departamento realiza un contrato con una empresa contratista, la cual, se encargará de ejecutar los trabajos en la fecha acordada. La supervisión es responsabilidad de la distribuidora y de su personal.

Una gestión ordenada del avance y desarrollo de los trabajos se hace necesaria, monitoreando los recursos y nuevas necesidades prestando atención especial en los sobre costos, como los que se adicionan por las condiciones del área rural, siendo estos comúnmente: el tipo de terreno o la dificultad de acceso, entre otros.

El proceso (figura 9) muestra que, para construir redes de distribución eléctrica, la distribuidora realiza un trabajo de evaluación de campo, cuantificación de materiales y de mano de obra. Posteriormente asigna al contratista, pacta los términos de la contratación y actualiza la información de red construida en el sistema.

Figura 9. Esquema de construcción de red eléctrica



Fuente: elaboración propia con datos de EEGSA.

2.2.2. Costos directos en la construcción de redes eléctricas eficientes

Los costos principales que resultan de la actividad de construcción se pueden globalizar en: materiales y equipo, vehículos y mano de obra.

2.2.2.1. Materiales y equipo

Son costos vinculados con los materiales y con los equipos especiales para construir redes eléctricas como postes, transformadores, cruceros, entre otros.

La cantidad de materiales depende del tipo de construcción que se desee realizar y de la estructura que se necesite para sujetar los conductores y demás herrajes.

Existen diferentes unidades de montaje, las más comunes son:

- Estructura de alineamiento
- Estructuras de cambio de trayectoria o dirección
- Estructuras de derivación aéreas
- Estructuras de fin de línea
- Estructuras de protección de sobretensión

Para la estructura de alineamiento (tabla II) los costos asociados representan una estructura en donde los conductores utilizan un tipo de soporte para llegar de un punto a otro punto, regularmente en línea recta.

Tabla II. Costos estructura de alineamiento

Descripción del material	Costo unitario (US\$/unidad)
Crucero madera de 96 pulgadas	15,03
Poste de madera 10,60 m (35 pies)	219,04
Cable aluminio No.1/0 acsr (raven)	0,67
Cable aluminio 1/0 acsr c/f	0,84
Cable acero galvanizado 5/16 plg	0,48
Aislador porcelana t/pin p/13,2 kv	3,17
Abrazadera doble de 7 a 9 pulgadas	8,57
Amarradores de aluminio no.4 con argolla	0,21
Varilla 2 ojos 5/8 plg x 6 pies para ancla	7,85

Arandela cuadrada 11/16 pulgadas galvanizada	0,31
Argolla s/rosca 5/8 pulgada	2,44
Brace 7 pies galvanizada p/bandera	25,23
Conector compresión de 1/0 a 2-6 awg	0,49
Emp. Alum,comp.aisl.100 % 1/0 acsr	2,21
Gancho de acero forjado para tirante	3,20
Grapa plástica de remate neutral 1/0-2/0	4,31
Plancha p/poste concreto	3,00
Prensa triple tirantes 5/16 pulgada	2,86
Remate pref. tirante 5/16 pulgada	1,36
Soporte recto 5/8 pulgada para crucero de madera	4,52
Tornillo carruaje 1/2 x 6 pulgada	0,62
Tornillo máquina 5/8 x 10 pulgada	1,00
Tornillo máquina 5/8 x12 pulgada	1,10

Fuente: elaboración propia.

Para la estructura de cambio de dirección, según la tabla III, se visualizan los costos por material, utilizándose dicha estructura para redirigir la red de distribución eléctrica hacia cualquier lugar.

Tabla III. Costos estructura cambio de dirección

Descripción del material	Costo unitario (US\$/unidad)
Poste de madera de 7,62 m (25 pies)	113,01
Poste de madera de 12,20 m (40 pies)	273,75
Cable aluminio No.1/0 acsr (raven)	0,67
Cable aluminio 1/0 acsr c/f	0,84
Aislador sintético de remate p/ 15 kv	9,22
Abrazadera doble 6 a 8 pulgadas	6,81
Varilla 2 ojos 5/8 plg x 6 pies para ancla	7,85
Arandela cuadrada 11/16 pulgada galvanizada	0,31

Argolla s/rosca 5/8 pulgada	2,44
Conector compresión de 1/0 a 2-6 awg	0,49
Disco expansión de hierro 200 plg cuad. P/v 3/4 plg x8 pies	27,37
Emp. Alum.comp.aisl.100 % 1/0 acsr	2,21
Gancho pasador 5/8 pulgada	3,79
Gancho de acero forjado para tirante	3,20
Grapa remate aluminio 1/0-123,3	4,18
Grapa plástica remate neutral 1/0-2/0	4,31
Prensa triple tirantes 5/16 pulgada	2,86
Remate pref. Tirante 5/16 pulgada	1,36
Tornillo máquina 5/8 plg x 10 plg	1,00
Tornillo máquina 5/8 plg x12 plg	1,10

Fuente: elaboración propia.

La otra estructura más utilizada, según la tabla IV, es la de fin de línea, ya que es necesaria para rematar los cables y anclar la nueva red eléctrica de distribución.

Tabla IV. **Costo estructura de fin de línea**

Descripción del material	Costo unitario (US\$/unidad)
Crucero madera de 96 pulgadas	15,03
Poste de madera de 7,62 m (25 pies)	113,01
Poste de madera 10,60 m (35 pies)	219,04
Cable aluminio No.1/0 acsr (raven)	0,67
Cable aluminio 1/0 acsr c/f	0,84
Cable acero galvanizado 5/16 pulgada	0,48
Aislador sintético de remate p/ 15 kv	9,22

Abrazadera doble de 7 a 9 pulgadas	8,57
Varilla 2 ojos 5/8 plg x 6 pies para ancla	7,85
Argolla s/rosca 5/8 pulgada	2,44
Brace 7 pies galvanizada P/bandera	25,23
Disco expansión de hierro 200 plg cuad. P/v 3/4 plg x8 pies	27,37
Emp. Alum.comp.aisl.100 % 1/0 acsr	2,21
Gancho pasador 5/8 pulgada	3,79
Gancho de acero forjado para tirante	3,20
Grapa remate alum 1/0-123,3	4,18
Grapa plástica de remate para neutral 1/0-2/0	4,31
Plancha p/poste concreto	3,00
Prensa triple tirantes 5/16 pulgada	2,86
Remate preformado Tirante 1/4 pulgada	0,95
Remate preformado Tirante 5/16 pulgada	1,36
Tornillo carruaje 1/2 plg x 6 plg	0,62
Tornillo máquina 5/8 plg x 10 plg	1,00
Tornillo máquina 5/8 plg x18 plg	1,59
Tornillo r/corrida 5/8 plg x18 plg	2,57

Fuente: elaboración propia.

Estas estructuras incluyen un material específico, una cantidad por utilizar en cada estructura y un precio de mercado por unidad.

2.2.3. Postes en redes eléctricas

Son los elementos de soporte sobre los que se van a instalar los demás elementos eléctricos que conforman la red eléctrica de distribución. Pueden ser de diferentes tipos, en Guatemala, se utilizan con frecuencia los postes de concreto en el área urbana y los de madera en las áreas rurales.

La altura de los postes utilizados para construir redes eléctricas, van desde los nueve hasta los doce metros de altura.

En general, además de los postes, existen varios tipos de estructuras que sirven de soporte para las líneas de distribución y su uso depende de condiciones especiales que imposibiliten la utilización de los postes convencionales. Las estructuras pueden ser, las torres de acero, postes de concreto auto soportados, postes metálicos auto soportados, postes de polímero reforzados con fibra de vidrio, entre otros.

El tipo de estructura de soporte que se vaya a utilizar depende de los factores listados a continuación:

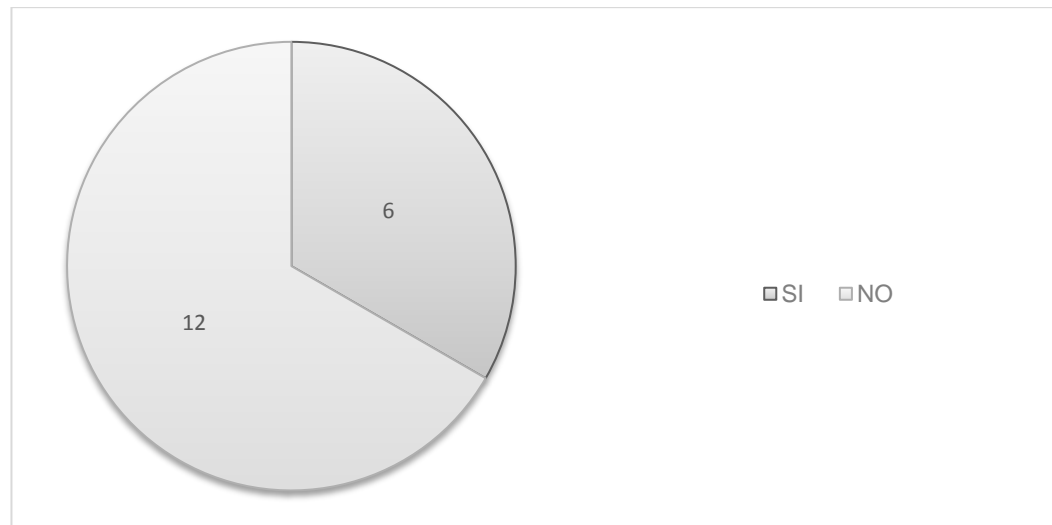
- Ubicación de la nueva red eléctrica
- Importancia de la línea por construir
- Vida útil deseada para la línea de distribución
- Costo de mantenimiento
- Costo del material
- Disponibilidad de la inversión

La fibra de vidrio ha sido aplicada en recubrimientos, refuerzo de diversos materiales, postes de comunicaciones, postes de distribución, pértigas, arcos, partes de carrocerías de vehículos, tablas de surf, partes de baño y otros debido a su aislamiento acústico, aislamiento térmico y aislamiento eléctrico.

2.2.3.1. Postes de polímero reforzado con fibra de vidrio

Respecto del conocimiento del poste de polímero reforzado para su implementación en redes eléctricas en general, en la figura 10, se observa que es muy limitado o insuficiente, ya que muy pocos expertos han investigado o propuesto su utilización en la actividad.

Figura 10. **Conocimiento del poste de polímero reforzado con fibra de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

Los postes de polímero se utilizan en diferentes aplicaciones, entre las que se pueden encontrar:

- Comunicaciones
- Circuitos de iluminación
- Redes eléctricas

Los postes con esta tecnología son desarrollados para cubrir las necesidades que surgen en ciertas condiciones como las siguientes:

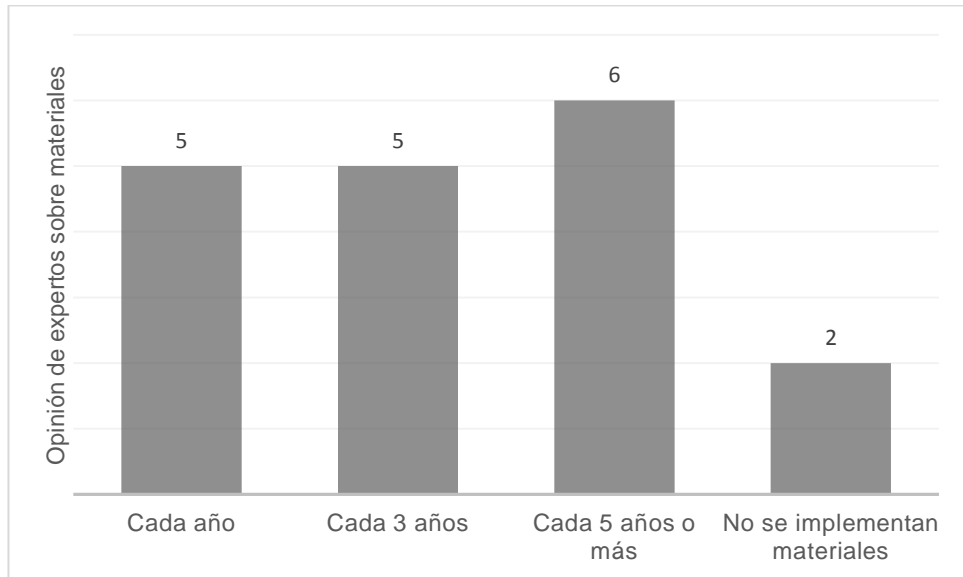
- Topografías complejas, con varias dificultades de tránsito
- Dificil acceso a lugares de interés

- Ambientes extremos
- Playas y costas
- Evitar el ataque de aves

El liviano peso, el fácil manejo en su transporte, costos de instalación manejables y la capacidad de adquirir materiales distintos a la madera y al cemento, hacen de los postes de polímeros reforzados con fibra de vidrio un sustituto natural para diferentes situaciones cotidianas, además de ser amigables con el ambiente.

Para el tema de la modernización de materiales (figura 11) los expertos indican que el mismo tipo de material se ha utilizado sin cambio alguno, ya que cumple con su función principal, la cual, se limita a distribuir energía eléctrica desde un punto a otro.

Figura 11. Implementación de nuevos materiales para redes



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Características de los postes de polímero

Las bondades de los productos elaborados con polímeros reforzados con fibra de vidrio incluyen una alta dureza y bajo peso, pudiendo desarrollarse productos que busquen obtener un ahorro relacionado con menores costos de transporte o productos que estarán sometidos a diferentes condiciones físicas, ambientales o térmicas sin variar su desempeño.

La alta rigidez dieléctrica de los polímeros reforzados con fibra de vidrio presenta el aislamiento necesario para ser utilizado en aplicaciones que se relacionen con la electricidad, desde fabricación de postes para sistemas de transporte de alto voltaje, postes de distribución de diferentes tensiones y estructuras para redes de telecomunicaciones, garantizando la seguridad del personal que trabaje con los productos mencionados.

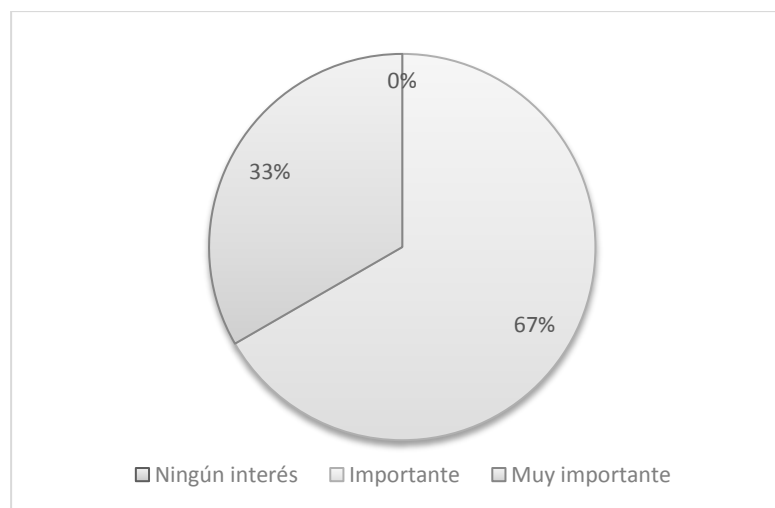
Las resinas de un poste de polímero reforzado con fibra de vidrio tienen una vida útil estimada de 50 años con un mantenimiento requerido menor o inexistente.

2.2.3.3. Tendencias en la utilización de postes de polímero

La tecnología ha avanzado tanto en el último siglo y el desarrollo de nuevos materiales ha llevado a posicionar al vidrio entre los materiales más utilizados, debido a sus ventajas frente a otros materiales. Además, tiene una ventaja ambiental en particular, debido a su reciclaje y a su disposición final.

Los expertos para construir redes mostraron un interés general en los cambios tecnológicos, figura 12, ya que consideran que continuamente surgen materiales, equipos o herramientas que permiten realizar el mismo trabajo en menor tiempo.

Figura 12. Interés general en los cambios tecnológicos



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.4. Mano de obra

Básicamente, surgen de valores de mercado que una empresa debe pagar por construir y montar equipos por categoría salarial.

El costo por mano de obra se presenta en la tabla V y proviene de una empresa eficiente que realiza trabajos en redes de distribución eléctrica.

Tabla V. Costo de la mano de obra típico de una cuadrilla de trabajadores

Tipo de trabajador	Costo mensual US\$
Jefe de cuadrilla	1 886
Liniero de primera	1 098
Liniero de segunda	886
Liniero de tercera	790

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el costo por hora del tipo de trabajador, es necesario distribuir el costo salarial del trabajador entre la cantidad de ciento setenta y dos, valor que corresponde a la cantidad de horas nominales de trabajo que incluyen horas reales de trabajo, horas por vacaciones, ausentismo y capacitación.

2.2.3.5. Tiempo para construir redes eléctricas

Es la cantidad de minutos u horas que le ha tomado al grupo de trabajadores o cuadrilla, el finalizar una actividad de construcción; en esta

investigación, la unidad seleccionada corresponde a un kilómetro de red. Los tiempos de las actividades más comunes se incluyen en la tabla VI, fueron medidos en campo durante un proyecto específico. El tiempo que toma realizar una actividad depende de varios factores, como la topografía del terreno, las herramientas o equipos utilizados y la destreza de los trabajadores.

Tabla VI. Tiempos por actividades de construcción

Actividad de construcción	Red de tres fases (horas)	Red de dos fases (horas)	Red de una fase (horas)
Alineamiento	60,31	55,9	42,2
Apertura de agujero	108,3	108,3	108,3
Cambio de dirección	26,63	20,02	15,7
Derivación aérea	6,26	6,26	6,26
Fin de línea	17,9	16,82	13,05
Instalación de pararrayos	7,76	7,76	4,01
Poda y tala rural	20,7	20,7	20,7
Instalación de tierras eléctricas	6,04	6,04	6,04

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos por actividad, se han separado en cantidad de conductores (fases) y según el tipo de estructura que se necesitó para construir la red. Dependiendo de las características del lugar se selecciona el tipo y la cantidad de estructuras por utilizar.

La actividad de apertura de agujero se refiere a la extracción de tierra en donde será instalado un poste.

La actividad de derivación aérea se refiere a una configuración de elementos de red que sirven de punto de conexión aérea entre cruces especiales de veredas.

La actividad de instalación de pararrayos se refiere a la instalación de dispositivos de protección contra descargas electroatmosféricas, la actividad de tierras eléctricas se refiere a la descarga efectiva de sobre corrientes o sobretensiones directamente hacia una superficie segura.

La actividad que aleja el posible contacto de ramas y árboles con el kilómetro de red eléctrica recibe el nombre de poda y tala.

2.2.3.6. Vida útil de los materiales

Para las instalaciones de distribución la tabla VII muestra la vida útil típica de los materiales desagregados por su nivel de tensión:

Tabla VII. **Vida útil de materiales para construcción de redes eléctricas**

Descripción	Vida útil (años)
Red de media tensión	30
Red de baja tensión	25
Equipo de protección y maniobra	15

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.7. Tasa anual de la inversión

Para el cálculo financiero se utilizará un valor de siete por ciento establecido en la Ley General de Electricidad que refleja la tasa del país para actividades de riesgo similar.

2.2.3.8. Vehículos y equipos de montaje

Se consideran los vehículos más comunes utilizados por la distribuidora, en este caso, los camiones de 10 toneladas y las grúas 9,5 toneladas para construir redes eléctricas según se observa en la tabla VIII. Para cada vehículo deben establecerse los costos de capital, calculados sobre la base de la vida útil estimada y de una tasa de descuento razonable, un costo de combustible, costo de mantenimiento y costos varios como el seguro del vehículo y el impuesto de circulación.

Tabla VIII. Costos por tipo de transporte

Descripción	USD/hora
Camión 10 toneladas	10,65
Grúa 9,5 toneladas	35,15

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Costos indirectos en la construcción de redes

Son los costos asociados a la ingeniería y recepción del proyecto, los gastos generales de la distribuidora asignados a costos de supervisión y costos de administración.

2.3. Relación costo-beneficio al incorporar las ventajas de utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio en la construcción de líneas de distribución de energía eléctrica

La información recopilada en la sección anterior sirvió de base para comprender la estructura de costos, de tal forma que en esta sección se trabajó con el departamento de construcción de la distribuidora con la información de las unidades de análisis. En cada unidad de análisis se procedió a calcular los indicadores financieros más comunes para determinar el beneficio de un proyecto o de una actividad, posteriormente, se utilizaron para determinar la relación beneficio-costo por unidad de análisis.

Este estudio de investigación se basó en la gestión de costos y los beneficios que provee a los procesos dentro de las organizaciones. Además, la misma gestión de costos permite adicionar materiales que proveen un beneficio extra a la actividad de construcción de redes eléctricas.

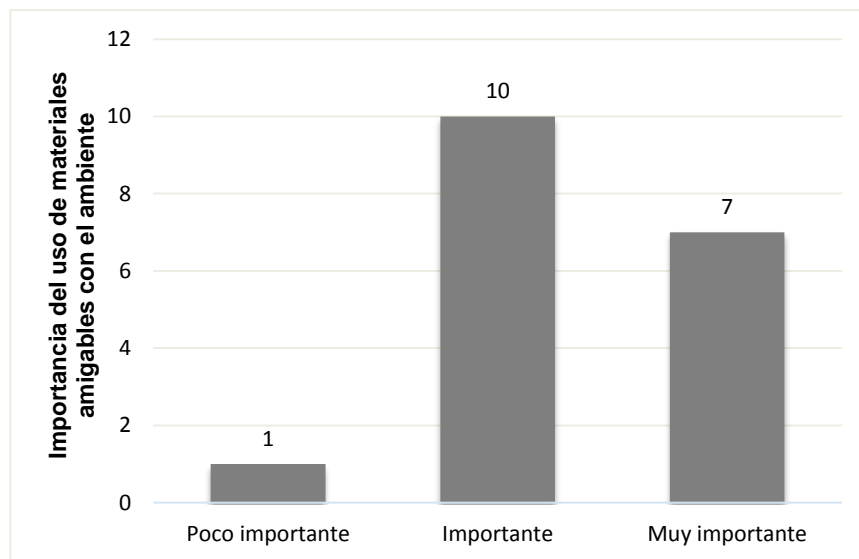
Los postes de polímero reforzado con fibra de vidrio poseen características físicas similares a los postes de madera o de concreto, sin embargo, son elementos livianos, lo que los hace excelentes para transportar hacia lugares de difícil acceso con un mejor grado de maniobrabilidad e instalación.

Las comparaciones fueron realizadas para cada unidad de análisis, sustituyendo los costos de los postes de madera por costos de postes de polímero reforzado con fibra de vidrio. La unidad de análisis corresponde a un kilómetro de red de media tensión construido en diferentes partes de la red en el área rural de Escuintla.

Para el cálculo de la relación beneficio-costos se trabajó con la información recopilada de los elementos que integran el costo total. Posteriormente, se calcularon los beneficios al realizar el mismo proyecto variando los postes; finalmente se compararon los resultados y se determinó el promedio de variación entre opciones.

La mayoría de los expertos señala que es importante el tema de la utilización de materiales para que sean amigables con el ambiente (figura 13) o que contribuyan a la conservación de los recursos por donde se construyan redes eléctricas. Ven positivamente que los postes de polímero reforzado con fibra de vidrio cumplen con este doble propósito.

Figura 13. **Utilización de materiales amigables para el ambiente**



Fuente: elaboración propia.

2.3.1. Unidades de análisis seleccionadas

Durante la etapa de recolección de la información, fue solicitada al departamento de construcción de redes de energía eléctrica, tres ubicaciones o proyectos que reunieran las características descritas en esta investigación para conformar las unidades de análisis, tales como: redes eléctricas de media tensión, ubicación de proyectos en el área rural y de complicada movilidad.

Los expertos en el tema compartieron la información de tres lugares:

- Caso 1: Parcelamiento El Naranjo, Santa Lucía Cotzumalguapa
- Caso 2: El Jabalí, Santa Lucía Cotzumalguapa
- Caso 3: comunidad San Idelfonso, Guanagazapa

Para los tres lugares y los proyectos ejecutados, se levantó la información siguiente:

- Costo de materiales
- Costo de mano de obra
- Costo de transporte
- Otros costos
- Cantidad de usuarios beneficiados con este proyecto

Además, para todos los casos y su evaluación económica, se utilizó como referencia el cargo de la tarifa social de los usuarios del servicio del departamento de Guatemala, siendo esta de Q.1,09/Kwh o de US\$0,15/Kwh, según la página de la CNEE para el trimestre de mayo a julio de 2017 utilizando una tasa de cambio de Q.7,35/USD según el Banco de Guatemala.

Para cada unidad de análisis se ha considerado un kilómetro de red de construcción, para lo cual se debe considerar 14 estructuras de alineamiento y

2,5 estructuras, tanto para el cambio de dirección, así como para estructuras de fin de línea.

De la misma forma, se ha considerado la cantidad de 12 estructuras de poda y tala, tres derivaciones aéreas, tres actividades de instalación de pararrayos y siete instalaciones de tierras para protección de la red de distribución.

2.3.1.1. Unidad de análisis 1: Parcelamiento El Naranjo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

Esta es una comunidad que pertenece al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. A manera de referencia se observa el trazado de la red construida, figura 14. Con este proyecto fueron beneficiados aproximadamente ciento veinte (120) usuarios cuyo promedio de consumo es de cuarenta y cuatro kilovatios hora en un mes.

Figura 14. Red eléctrica en parcelamiento El Naranjo, Escuintla



Fuente: EEGSA.

Fueron utilizados los datos incluidos en la tabla IX para los cálculos de los indicadores financieros como el costo anual uniforme equivalente, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el retorno de la inversión.

Tabla IX. Información para cálculo de indicadores de la unidad 1

Descripción	Unidad - El Naranjo
Ingresos por venta de energía (US\$/año)	9 396
Costo de materiales (US\$)	11 680
Costo de mano de obra (US\$)	5 136
Costo de transporte (US\$)	3 797
Otros costos (US\$)	4 883

Costos de operación y mantenimiento (US\$/año)	4 000
Vida útil (años)	25
Tasa de interés (%)	7

Fuente: elaboración propia.

El resultado son los indicadores financieros propuestos incluidos en la tabla X. Dichos indicadores determinan la relación beneficio-costo y se determina la rentabilidad de la red construida en el parcelamiento El Naranjo.

Tabla X. Indicadores financieros de la unidad 1: El Naranjo

Indicador	Resultado
Beneficios anuales (US\$/año)	9 396
Costos anuales (US\$/año)	4 000
Renta (US\$/año)	1 784
Ganancia total (US\$/año)	5 396
Costo anual uniforme equivalente (US\$/año)	698
Tasa interna de retorno (%)	21
Relación beneficio-costo (B/C)	1,62
Retorno de la inversión (%)	202

Fuente: elaboración propia.

Para la primera unidad de análisis, se puede observar una relación beneficio costo muy por arriba de uno y junto a los demás indicadores resulta un proyecto bastante atractivo para la empresa distribuidora.

2.3.1.2. Unidad de análisis 2: El Jabalí, Santa Lucía Cotzumalguapa

Esta es una comunidad ubicada también en Santa Lucía Cotzumalguapa. A manera de referencia, en la figura 15, se puede observar el trayecto de los conductores de media tensión. Con este proyecto fueron beneficiados aproximadamente setenta y cinco (75) usuarios, cuyo promedio de consumo es de cuarenta y cuatro kilovatios hora en un mes.

Figura 15. Red eléctrica en El Jabalí, Escuintla



Fuente: EEGSA.

Fueron utilizados los datos incluidos en la tabla XI para los cálculos de los indicadores financieros como el costo anual uniforme equivalente, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el retorno de la inversión.

Tabla XI. **Información para cálculo de indicadores de la unidad 2**

Descripción	Unidad - El Jabalí
Ingresos por venta de energía (US\$/año)	5 872
Costo de materiales (US\$)	8 999
Costo de mano de Obra (US\$)	4 116
Costo de transporte (US\$)	2 956
Otros costos (US\$)	3 819
Costos de operación y mantenimiento (US\$/año)	3700
Vida útil (años)	25
Tasa de interés (%)	7

Fuente: elaboración propia.

El resultado son los indicadores financieros propuestos incluidos en la tabla XII, los que determinan la relación beneficio-costo y la rentabilidad de la red construida en El Jabalí.

Tabla XII. Indicadores financieros de la unidad 2: El Jabalí

Indicador	Resultado
Beneficios anuales (US\$/año)	5 872
Costos anuales (US\$/año)	3 700
Renta (US\$/año)	1 392
Ganancia total (US\$/año)	2 172
Costo anual uniforme equivalente (US\$/año)	-1 492
Tasa interna de retorno (%)	10
Relación beneficio costo (B/C)	1,15
Retorno de la inversión (%)	56

Fuente: elaboración propia.

Para la segunda unidad de análisis, se puede observar una relación beneficio levemente mayor a uno y junto a los demás indicadores resulta un proyecto atractivo para la empresa distribuidora.

2.3.1.3. Unidad de análisis 3: comunidad San Idelfonso, Guanagazapa

Este poblado se encuentra en el municipio de Guanagazapa, Escuintla. Como una referencia, en la figura 16, se observan las redes y elementos eléctricos a lo largo de su trayectoria. Con este proyecto fueron beneficiados sesenta (60) usuarios, cuyo promedio de consumo es de cuarenta kilovatios hora en un mes.

Figura 16. Red eléctrica en comunidad San Idelfonso, Escuintla



Fuente: EEGSA.

Fueron utilizados los valores de la tabla XIII para los cálculos de los indicadores financieros como el costo anual uniforme equivalente, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el retorno de la inversión.

Tabla XIII. Información para cálculo de indicadores de la unidad 3

Descripción	Unidad - comunidad Idelfonso
Ingresos por venta de energía (US\$/año)	4 271
Costo de materiales (US\$)	12 223
Costo de mano de obra (US\$)	4 809
Costo de transporte (US\$)	3 528
Otros costos (US\$)	4 807
Costos de operación y mantenimiento (US\$/año)	4 000
Vida útil (años)	25
Tasa de interés (%)	7

Fuente: elaboración propia.

El resultado son los indicadores financieros propuestos incluidos en la tabla XIV, determinan la relación beneficio-costos y se determina la rentabilidad de la red construida en la comunidad San Idelfonso.

Tabla XIV. **Indicadores financieros de la unidad 3: comunidad San Idelfonso**

Indicador	Resultado
Beneficios anuales (US\$/año)	4 271
Costos anuales (US\$/año)	4 000
Renta (US\$/año)	1 775
Ganancia total (US\$/año)	271
Costo anual uniforme equivalente (US\$/año)	-4 403
Tasa interna de retorno (%)	-9
Relación beneficio-costos (B/C)	0,74
Retorno de la inversión (%)	-85

Fuente: elaboración propia.

Para la tercera unidad de análisis, se puede observar una relación de beneficio menor a la unidad y junto a los demás indicadores resulta un proyecto que aparentemente resulta en una pérdida. Sin embargo, se debe considerar que las redes de distribución son dinámicas y la cantidad de clientes conectados aumentan con el pasar del tiempo, por lo que posteriormente, conforme sean pobladas las áreas se incrementará el consumo haciendo rentable la red de distribución.

2.3.2. Evaluación de la relación beneficio-costos de postes con polímeros reforzados con fibra de vidrio

Posteriormente, fue realizado el cálculo de los indicadores de la sección anterior, utilizando postes de polímero reforzado con fibra de vidrio, figura XV, mostrando una variación considerable.

Tabla XV. **Resumen de indicadores financieros**

Indicador	El Naranjo	El Jabalí	Comunidad Idelfonso
Beneficios anuales (US\$/año)	9 396	5 872	4 271
Costos anuales (US\$/año)	3 400	3 145	3 400
Renta (US\$/año)	1 897	1 479	1 894
Ganancia total (US\$/año)	5 996	2 727	871
Costo anual uniforme equivalente (US\$/año)	1 001	-1 165	-4 116
Tasa interna de retorno (%)	22	12	-2
Relación beneficio-costo (B/C)	1,77	1,27	0,81
Retorno de la inversión (%)	216	84	-54

Fuente: elaboración propia.

Los mismos indicadores fueron evaluados utilizando postes de madera y resultan en los valores indicados en la tabla XVI, en donde puede observarse que los resultados económicos son menores que si se utilizaran postes de polímero reforzado con fibra de vidrio.

Tabla XVI. **Resumen de indicadores financieros con postes de madera**

INDICADOR	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
Beneficios anuales (US\$/año)	9 396	5 872	4 271
Costos anuales (US\$/año)	4 000	3 700	4 000
Renta (US\$/año)	1 784	1 392	1 775
Ganancia total (US\$/año)	5 396	2 172	271
Costo anual uniforme equivalente (US\$/año)	698	-1 492	-4 403
Tasa interna de retorno (%)	0,21	0,10	-0,09
Relación beneficio-costos (B/C)	1,62	1,15	0,74
Retorno de la inversión (%)	202	56	-85

Fuente: elaboración propia.

Básicamente se puede observar una mejora en la relación beneficio-costos al utilizar postes de polímero reforzado con fibra de vidrio por un 9,47 %. Esto representa aproximadamente US\$1 800 de menor costo por año para las unidades analizadas.

Tabla XVII. **Variación en relación beneficio-costos entre tipos de postes**

Unidad de análisis	Poste de madera	Poste de polímero reforzado con fibra de vidrio	Variación (%)
EL NARANJO	1,62	1,77	9,20
EL JABALÍ	1,15	1,27	10,13
COMUNIDAD IDELFONSO	0,74	0,81	9,08
		Promedio	9,47

Fuente: elaboración propia.

Los resultados favorables en la relación beneficio-costo sustituyendo a los postes de madera en el mismo kilometro construido con kilómetros de manera, ocurre porque al utilizar otro material más liviano, se mejoran los siguientes parámetros:

- Reducción de los costos por la mano de obra en dos por ciento (2 %), atribuido principalmente a la disminución del tiempo utilizado en la manipulación de los postes.
- Se reduce uno por ciento (1 %) el costo de transporte, ya que se da una eficiencia en el aprovechamiento del transporte y se transporta una mayor cantidad de carga adicional a los postes de polímero.
- Costes de operación y mantenimiento reducidos por quince por ciento (15 %), por el escaso mantenimiento y durabilidad.

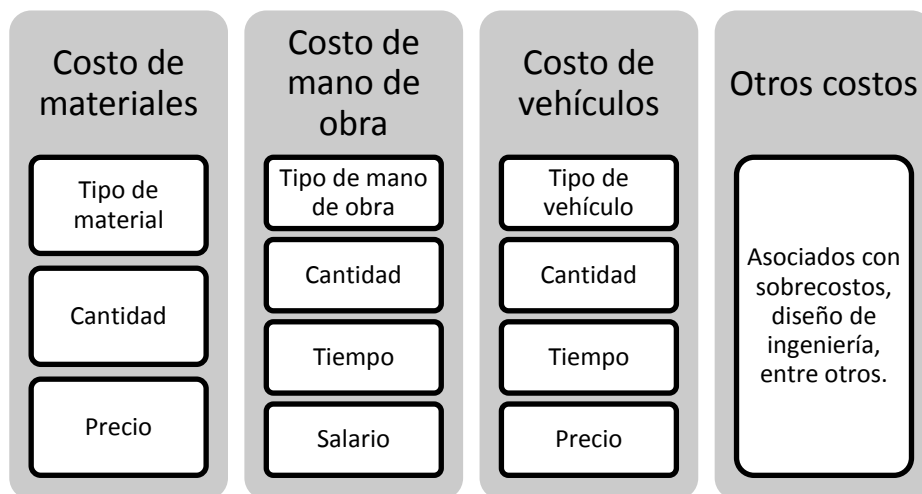
La inversión en el poste de polímero reforzado con fibra de vidrio es mayor al poste de madera impactando en el costo de materiales, sin embargo, al utilizarse en grandes cantidades, la economía de escala impactará positivamente el costo total.

2.4. Propuesta de mejora

Una distribuidora enfocada en mejorar constantemente sus procesos debe implementar como mínimo los siguientes cambios para mejorar sustancialmente el desempeño del área de construcción:

- Una revisión frecuente de los procesos: es una necesidad fundamental considerando que es una empresa con muchos años desde su fundación, esto con el fin del aseguramiento de la calidad del trabajo.
- Esquemáticamente, los costos eficientes para un proyecto en particular, figura 17, se relacionan con la buena gestión de:

Figura 17. **Costos de proyectos eficientes**



Fuente: elaboración propia.

- Capacitación constante del personal: las capacidades y el conocimiento del personal trabajando para una organización debe enriquecerse a través de cursos, seminarios, talleres o cualquier otro medio que ponga a disposición los adelantos tecnológicos y buenas prácticas utilizadas a nivel global.
- Establecer la cultura de la mejora continua en el personal: la organización deberá establecer los incentivos correspondientes para producir el cambio

en el personal del área de construcción, dicho cambio se verá reflejado en la actualización de los procesos y la mejora en el tiempo de ejecución de tareas.

- Incorporación de puntos de control de indicadores para el seguimiento de tareas: el proceso utilizado deberá incorporar elementos de seguimiento de actividades y control de costos a todos los proyectos. Deberá estudiarse la posibilidad de aplicar la herramienta del “valor ganado” desarrollada ampliamente por el *Project Management Institute* de los Estados Unidos de Norteamérica.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los objetivos planteados dentro de esta investigación y el trabajo realizado con la distribuidora fueron cumplidos. Los resultados fueron entregados a los responsables que acompañaron al investigador. A los expertos les parecieron razonables.

Los resultados de gestionar adecuadamente los costos le permiten al usuario: identificar los recursos, los tiempos de trabajo, el alcance, la calidad y la eficiencia en una actividad, por lo que su implementación seguramente garantizará mejores resultados en el departamento de construcción de la distribuidora.

La metodología propuesta y desarrollada en este trabajo fue compartida a los expertos, así como al asesor para sus comentarios. Como resultado se anota que el cuestionario recopila la información fundamental para obtener un apropiado conocimiento del proceso en estudio, aunque podría mejorar con algunas variaciones, por ejemplo: la sección de experiencia del experto se limita únicamente al valor de años reales trabajados dentro del departamento de construcción de la distribuidora, deja por fuera la experiencia en general del experto.

Diferentes técnicas y herramientas de recopilación fueron necesarias para obtener resultados, entre ellos: un cuestionario, análisis de datos históricos, gráficos y notas producto de la utilización del método de observación científica directa. En el apéndice se puede encontrar la plantilla utilizada para la recopilación de datos cualitativos.

Los resultados alcanzados demuestran que la incorporación de materiales sustitutos o tecnología de vanguardia en las actividades específicas de construcción mejora la gestión de los costos y se podría generalizar que el contexto es igualmente válido para la construcción de redes. La red de comunicaciones o redes de televisión por cable, por mencionar algunas.

También se observa que la gestión de costos es una práctica que debe implementarse durante el proceso de la construcción de redes de distribución de energía para obtener mejores resultados. Para esto se requiere la debida inversión en desarrollar capacidades donde en esta organización particularmente son escasas, invertir en el conocimiento y desarrollo de buenas prácticas realizadas adoptadas en otras organizaciones, considerando los beneficios que pueden obtenerse al cuantificar apropiadamente las actividades de forma específica. Lo anterior garantizará el involucramiento y mejores controles de desempeño de la parte ejecutora y de la parte supervisora la actividad.

Progresivamente, la finalidad de este trabajo fue alcanzada: se determinó la forma en la que se construyen redes eléctricas de distribución de energía. Se determinaron los costos totales de la actividad y, finalmente, fueron identificados las bondades o beneficios que se obtienen en el alcance, tiempo, recursos y eficiencia de la actividad al aplicar la gestión de costos en la incorporación de postes de polímero reforzado con fibra de vidrio.

Específicamente, en lugares remotos como el área rural de Escuintla, resulta insuficiente el proceder ordinario de las cuadrillas de construcción, ya que se necesitan más recursos que los habituales. Sin embargo, gestionando apropiadamente la actividad e incorporando los postes de polímero reforzado

con fibra de vidrio, se obtienen beneficios adicionales a los que se obtendrían al utilizar postes de madera convencionales.

Inicialmente podría intuirse que la tecnología de postes de polímero reforzado de fibra de vidrio podría resolver un sobre costo por reducción en recurso humano o facilidad de traslado de un punto a otro. No obstante, es una sana práctica la revisión continua del proceso de gestión del costo, los beneficios de la utilización de nueva tecnología y la disponibilidad de presupuesto para construcción de redes debido a la cantidad monetaria que representa el uso de materiales fuera de norma.

Al enfocarse específicamente en el material propuesto en este trabajo, resultó evidente que la seguridad física es un factor que quedó fuera del alcance de esta investigación. Adicionalmente a las ventajas su utilización, tanto por la reducción en el costo final y por el beneficio de su manejo en un lugar geográficamente complicado, este material podría utilizarse en el área urbana proporcionando el beneficio del aumento en la vida útil de los materiales al soportar el servicio eléctrico en puentes de concreto donde no existe una superficie para soterrarlo, ya que su peso es menor.

Por otro lado, el beneficio de seguridad física en autopistas o carreteras con probabilidades de colisiones de vehículos, ya que el daño, provocado al destruirse por el impacto y caer sobre el vehículo, es menor al daño ocasionado por la caída de un poste de hormigón.

Es correcto generalizar que los postes de polímero reforzado con fibra de vidrio pueden utilizarse en diferentes aplicaciones y no se limita únicamente al área rural. Por sus características técnicas y su bajo peso, pueden instalarse en puentes o en estructuras sobre el suelo en un espacio reducido.

La gestión de costos, al administrar apropiadamente los recursos, resulta en una potente herramienta que con la tecnología adecuada permite minimizar costos y maximizar beneficios a la organización.

La diferencia entre decidir utilizar o no postes de polímeros reforzados de fibra de vidrio, se encuentra en las especificaciones técnicas del material, ya que en el contexto de este trabajo deben soportar esfuerzos mecánicos de mayor magnitud que se necesitan para otro tipo de redes, además de otros factores como la inversión que se desee realizar en cada obra, la cual, podría convertirse en una limitante del proyecto.

Durante el desarrollo del trabajo, como percepción del investigador, el personal mostró el deseo de participación, ya que podría aportar información base para lograr una mejora dentro del departamento. Por ejemplo, la actualización de sus procesos, implementación de nuevos procedimientos y controles de calidad. La gestión de los costos posee controles inherentes en los recursos, ya que proporciona la información necesaria para reorientar cualquier proyecto que sea ejecutado en esta modalidad y las mejoras que puedan implementarse para trabajos posteriores, buscando constantemente la eficiencia en la actividad.

Los resultados cualitativos mostraron la falta de incentivos para realizar cambios internos, ya que la búsqueda de la eficiencia no representa una diferencia trascendental. Sin embargo, esto debe ser visto como una oportunidad en el contexto de mejorar continuamente los sistemas existentes.

La experiencia de los ingenieros a cargo fue fundamental para entender las actividades, las técnicas utilizadas por el personal técnico encargado de construir redes, el trato hacia los clientes y la aplicación de normativas vigentes.

La experiencia acumulada que ha tenido la distribuidora en los más de ciento veinte años de existencia le permite ciertas ineficiencias que son compensadas con otras actividades, por ejemplo, dentro de los casos analizados en este trabajo, los valores indican una relación beneficio-costos bajo. Aun así, el proyecto fue construido exitosamente y las “pérdidas” son absorbidas por la empresa temporalmente, ya que la demanda energética es dinámica y cada día una mayor cantidad de usuarios del servicio se irán sumando a dicho proyecto haciéndola rentable en el tiempo.

A través de los resultados incluidos en esta investigación, es posible indicar que la gestión de costos trae beneficios a las empresas, brinda señales de alerta, evita sobrecostos y traslada eficiencias a las actividades. En el capítulo 2, fue posible observar que, gestionados adecuadamente los recursos, dos de las unidades de análisis resultaron con una relación beneficio costo mucho mayor, considerando nueva tecnología que la que se obtiene sin considerar la propuesta de nuevos materiales para su construcción, lo cual, representaría una menor cantidad de años para recuperar la inversión inicial realizada.

La debida gestión de costos es un diferenciador importante en las empresas y les agrega valor a las actividades, por ejemplo, generalizando el uso del poste de polímero reforzado con fibra de vidrio en la construcción de redes de El Salvador, se pueden controlar los costos, innovar y estar a la vanguardia con la tecnología para obtener una mayor participación del mercado de usuarios de energía eléctrica. Además, en la región centroamericana se construyen redes eléctricas de forma muy parecida, por lo que las aplicaciones de postes de polímero reforzado de fibra de vidrio podrían venir a disminuir los costos de mantenimiento y los costos ambientales por la utilización de postes de madera convencionales.

La gestión del costo, según Guzmán (2014) se asocia con el “involucramiento de las personas en los procesos para la estimación, presupuestación y control de los recursos del proyecto”, su consideración es necesaria para planificar adecuadamente y con seguridad un proyecto.

Las empresas aumentan su nivel de competitividad y diferenciación de sus servicios al efectuarse una gestión a los costos, según Molina (2004), al aplicar un modelo de gestión estratégica de costos a una empresa industrial obtuvo: “estrategias de gestión administrativas, evaluación de la gestión, controles, insumos para mejorar la toma de decisiones y la reducción de costos de la actividad”.

Un beneficio concreto en una empresa del sector minero-industrial de Colombia, según Castro, Diéz & Quijano (2013) se obtuvo al aplicar un plan de gestión de costos logrando mejorar la planificación al definir mejor el alcance y el costo. Estas operaciones impactaron positivamente en su rentabilidad.

Los materiales de bajo peso, característica fundamental de los postes de polímero reforzado con fibra de vidrio, permiten aumentar la productividad en el trabajo específicamente en la disminución del tiempo de instalación, resultado similar a lo destacado por Hota & Liang (2011) ya que la utilización de compuestos de fibra de vidrio mejora la innovación, incrementa la productividad, incrementa el desempeño y posee una mayor vida útil que otros materiales, tales como la madera y el concreto.

Un aspecto importante por recalcar respecto de la tecnología es que, disminuye los costos y provee de beneficios adicionales, la utilización de postes de polímeros reforzado con fibra de vidrio para áreas rurales de Escuintla

deberá pasar un análisis estructural específico antes de su aceptación y adaptación, tal como establece Urgessa (2016), para determinar que estructuralmente se adapten a las necesidades geográficas, además de soportar la humedad y el clima de la región.

Es evidente que las organizaciones o las personas se resistan al cambio, tal como lo establece Díaz (2002), es complicado que se adopten herramientas administrativas y puntos de revisión de los costos al corto plazo y resulta complicado modificar el hacer de las personas debido al acomodo y carencia de interés por el cambio. Las nuevas generaciones de ingenieros, debido a su formación, búsqueda y acceso a la información, ven con interés aprovechar las oportunidades de mejora, ya que se considera que agregan valor a las actividades.

Finalmente, la mejora de procesos, implementación de nuevas herramientas administrativas o utilización de materiales se traducen en valor añadido a las actividades diarias.

CONCLUSIONES

1. Se estableció que la forma en la que se construyen redes de distribución de energía eléctrica abarca dos aspectos: el administrativo, que se ocupa de darle trámite al requerimiento de la construcción de la nueva red, la evaluación del lugar en donde se construirá la nueva red, el diseño, la gestión del presupuesto, la elección del contratista que ejecutará los trabajos y la actualización de la red en el sistema. El otro es el operativo, llevado a cabo por la empresa tercerizada que ocupa los materiales, equipos, vehículos y mano de obra. Se encarga, además, de cumplir con las normas de construcción vigentes y con la entrega del trabajo en el período de tiempo acordado entre las partes.
2. Se determinó que los costos totales para construir redes eléctricas de distribución en el área rural de Escuintla se atribuyen porcentualmente, en promedio, al 41 % de costos de materiales, el 17 % a costos por la mano de obra, el 12 % al costo del transporte, 16 % a costos de diseño e ingeniería y el 14 % corresponde a costos por la operación y el mantenimiento.
3. Según el cálculo del indicador de relación beneficio-costos, para las unidades de estudio analizadas, al utilizar postes de polímero reforzado de fibra de vidrio es mayor en un 9,47 %, en promedio que, si se hubiesen utilizado postes de madera, esto corresponde a una disminución del costo en US\$1 800 anuales en las unidades analizadas. Es decir, se interpreta a la construcción de las nuevas redes de distribución como una respuesta adecuada a las necesidades del nuevo

cliente proporcionándole bienestar a través de un esfuerzo económico moderado.

4. La utilización de postes de polímero reforzado con fibra de vidrio reduce la gestión de los costos por medio de un control específico del proceso de construcción de redes, abarcando los materiales, demostrando que existen sustitutos que adicionan beneficios al proceso. Esta forma de usar la tecnología en la gestión diaria proporciona al departamento de construcción, eficiencias que impactan directamente en la productividad. La gestión adecuada de los costos asegura el uso eficiente de los recursos utilizables en una actividad, proporcionan información de valor y evita así atrasos o sobrecostos.

RECOMENDACIONES

1. Establecer el proceso para construir redes de distribución en el área rural del departamento de Escuintla, es importante para una empresa distribuidora de energía eléctrica porque permite conocer la forma en que interactúan todos los elementos y sus costos. Asimismo, se sugiere un control permanente para realizar una mejor gestión de los recursos disponibles.
2. Determinar los costos específicos que se necesita para construir líneas de distribución de energía, implementando un control permanente de gestión de costos y evaluar si el modelo de tercerización de personal mediante contratistas es el adecuado, o, si la actividad presenta mayores beneficios con personal dentro de la plantilla.
3. El cálculo de la relación beneficio-costos es un indicador que determina el tipo de proyecto que se encuentra en desarrollo y en este trabajo sirve para evidenciar el impacto positivo de los postes de polímero reforzado con fibra de vidrio en el proceso de construcción. De esa cuenta, se aconseja que, cada vez que sea realizado un proyecto, se evalúe con indicadores que generen valor y diferenciación en los proyectos.

4. Este trabajo de investigación propuso la utilización del poste de polímero reforzado con fibra de vidrio como sustituto del poste de madera debido a las ventajas de la tecnología por lo que se le exhorta a la distribuidora para que realice estudios con otro tipo de materiales y equipos como elementos de transformación eléctrica, dispositivos de protección o medidores y busque beneficios adicionales para la gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASM International Technical Book Committee (2012). *Lightweight Materials: Understanding the basics*. Estados Unidos.
2. Bedon, E. (1998). *El costo del Kwh de generación*. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.
3. Castro, H., Diez-Silva & Quijano, L. (2019). *Plan de gestión de costos en dirección de proyectos. Aplicación en una empresa del sector minero-industrial de Colombia*. Obtenido de Revista EAN: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/734>
4. Díaz, M. (2002) *Resistencia al cambio en la estructura de las organizaciones*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
5. García, S. (2009) *Referencias históricas y evolución de los plásticos* [versión electrónica] Revista iberoamericana de polímeros, 10 (1)71-80.
6. Hota, G. & Liang, R. (2011) *Advanced fiber reinforced polymer composites for sustainable civil infrastructures*, Revista sustainability of Structures in Civil Engineering, China.

7. Jiménez, F., Espinoza, C. & Fonseca, L. (2007) *Ingeniería económica*. Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
8. Jiménez, R., Serebrisky, T. & Mercado, J. (2014). *Electricidad perdida: Dimensionando las pérdidas de electricidad en los sistemas de transmisión y distribución en América Latina y el Caribe*. New York, USA: Monografía del BID.
9. Keat, P. & Young, P. (2004) *Economía de empresa*. México: Pearson Educación.
10. López, G. (2006). *Cálculo financiero aplicado (Un enfoque profesional)*. Argentina: La Ley.
11. Lotz, B. & Wittmann, J. (2006) *Structure of Polymer Single Crystals. Materials Science and Technology*. Estados Unidos: Verlag GmbH & Co KGaA.
12. Miravete de Marco, A. (1995). *Los nuevos materiales en la construcción*, España: Editorial Miravete.
13. Morales, S. (2008). *Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México.
14. Morín, E. (2017). *Indicadores de rentabilidad. Cecep - Boletín Número V, 6-7*.

15. Moscoso Escobar, J., & Sepúlveda Rivillas, C. (2014). *Costo de capital: conceptos y aplicaciones*. Medellín, Colombia: L Vieco S.A.S.
16. Mulleady, T. (1986). *Determinación de costos e ingresos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica.
17. Perén, L. (2009). *Técnicas para mantenimiento, conversiones y mejoras, en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8 Kv y 34.5 Kv en vivo*. Tesis de Ingeniería Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
18. Project Management Institute. *Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Estados Unidos: Project Management Institute, Inc.
19. Porter, M. & Kramer M. (2011). *La creación del valor compartido*. Estado Unidos: Harvard Business Review.
20. Sapag, N. (2007). *Proyectos de inversión, formulación y evaluación*. México: Pearson Educación.
21. Urgessa, G. & Mohamadi, S. (2016) *R Structural Assessment of Fiber-reinforced Polymer Composite*. *Procedia Engineering*, 145 (2016) 707-714.
22. Vergara, N. (1986). *Formulación y evaluación de proyectos (Informe No. A3/CO-86-004)*. Colombia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en Colombia.

23. Welsch, G. & Cole. (2005). *Presupuestos: planificación y control*. México: Pearson Educación.

APÉNDICE

Apéndice 1. Cuestionario utilizado para trabajo de investigación

El objetivo de este cuestionario es recopilar la información del área de construcción de redes eléctricas respecto a los temas de tecnología, normas internas de construcción, medio ambiente y costos. La información proporcionada en este cuestionario es de carácter anónimo y las respuestas son de carácter confidencial.

Instrucciones: según su opinión, marque con una cruz en el espacio correspondiente la respuesta a cada una de las preguntas.

1. ¿Cuántos años de experiencia posee usted construyendo redes de distribución de energía eléctrica?

1 a 3 3 a 5 5 o más

2. Respecto de las normas de construcción internas, ¿cada cuántos años se realiza una actualización de su contenido?

Cada año

Cada 3 años

Cada 5 años o más

No se actualizan

3. Respecto de la actualización de las normas internas de construcción, durante el período que ha laborado en el área, ¿cuántas propuestas de mejora ha realizado Ud. para las normas internas de construcción vigentes?

Ninguna 1 a 3 5 o más

Continuación del apéndice 1.

4. ¿Con qué periodicidad se implementan nuevos materiales en la construcción de redes eléctricas?

Cada año _____
Cada 3 años _____
Cada 5 años o más _____
No se implementan materiales _____

5. En la empresa donde labora, ¿considera Ud. importante la utilización de tecnología amigable con el medio ambiente para la sostenibilidad de los recursos?

Poco importante _____ Importante _____ Muy importante _____

6. Indicar el grado de importancia que le produce a Ud. los cambios tecnológicos.

Ningún interes _____ Importante _____ Muy importante _____

7. ¿Ha escuchado de la tecnología de fibra de vidrio para la elaboración de postes para construcción de líneas eléctricas?

Si _____ No _____

Continuación del apéndice 1.

8. ¿Considera Ud. importante, al momento de construir redes eléctricas, elaborar un presupuesto?

Poco importante _____ Importante _____ Muy importante _____

9. Durante la construcción de redes eléctrica en el área rural, ¿es probable encontrarse con sobrecostos debido a aspectos no considerados durante el diseño?

Poco probable _____ Probable _____ Muy probable _____

Fuente: elaboración propia.

